Доклады Академии Наук СССР
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS

МАТЕМАТИКА

Г. Р. ЛОРЕНЦ

О ФУНКЦИОНАЛАХ И ОПЕРАЦИЯХ В ПРОСТРАНСТВАХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

(*Представлено академиком С. Н. Бернштейном 1 XII 1934*)

В этой заметке доказываются некоторые теоремы о линейных функционалах и операциях в пространствах числовых последовательностей. Введем обозначения: пространство m есть совокупность всех ограниченных последовательностей вещественных чисел $x=\{x_n\}\ n=1, 2, \ldots$ с нормой элемента

$$\|x\|=\sup_n |x_n|;$$

c есть подпространство m, состоящее из последовательностей x, для которых $\lim x_n=0$. Наконец, l_1 пусть означает пространство последовательностей $x=\{x_n\}$, для которых Σx_n сходится абсолютно, с нормой

$$\|x\|=\sum_{n=1}^{\infty} |x_n|.$$

Все эти пространства — типа (B) Банаха (1).

Теорема 1. Общая форма линейного функционала в пространстве m есть интеграл в смысле А. Колмогорова (2)

$$f(x)=\int_E x_n \Phi(dE)=\lim_{l_i-l_{i-1}\to 0}\sum l_i \Phi(E_i);\quad E_i=E(l_{i-1}\leqq x_n<l_i), \qquad [1]$$

где E множество всех натуральных чисел, E_i его подмножество, а $\Phi(E)$ есть аддитивная (в узком смысле) и ограниченная функция таких множеств.

Эта теорема аналогична одному результату Г. М. Фихтенгольца и Л. В. Канторовича (3).

Как известно, общая форма линейного функционала в пространстве C есть

$$\varphi(x)=\alpha_1 x_1+\alpha_2 x_2+\ldots+\alpha_n x_n+\ldots, \quad \sum_{n=1}^{\infty}|\alpha_n|<+\infty. \qquad [2]$$

По общей теореме Банаха (1) этот функционал можно, не увеличивая его нормы, продолжить на все пространство m. Одно из таких продолжений дается самим выражением [2], имеющим смысл для всякого $x\in m$. Следующая теорема характеризует это продолжение среди всех возможных.

Теорема 2. Всякое продолжение линейного функционала, заданного в c на все пространство m, не выражающееся во всем m формулой [2], увеличивает его норму.

Для доказательства возьмем произвольный функционал $f(x)$, заданный в m. Построим

$$f_0(x)=\sum_{n=1}^{\infty}\alpha_n x_n,\quad f_1(x)=f(x)-f_0(x)$$

так, чтобы $f_0(x)$ совпадал с $f(x)$ в c. Тогда $f_1(x)$ будет линейным функционалом в m, обращающимся в нуль для любого элемента C. Выберем число $\varepsilon>0$ и последовательность $x^0=\{x_n^0\}$ так:

$$x_k^0=\operatorname{sign}\alpha_k \text{ для } k\leqq n,\quad x_k^0=0 \text{ для } k>n,$$

а число n возьмем столь большим, что

$$f_0(x^0)=\sum_{k=1}^{n}|\alpha_k|>\|f_0\|-\frac{\varepsilon}{3};\quad \text{тогда}\quad \sum_{k=n+1}^{\infty}|\alpha_k|<\frac{\varepsilon}{3}.$$

Затем выберем $x^1=\{x_k^1\}$ так, чтобы

$$|f_1(x^1)|>\left(\|f_1\|-\frac{\varepsilon}{3}\right)\cdot\|x^1\|.$$

При этом очевидно, можно считать еще, что

$$x_k^1=0\quad \text{для}\quad k\leqq n,\quad \|x^1\|=1,\quad f_1(x^1)>0.$$

Тогда если положить $x=x^0+x^1$,

$$f(x)=f(x^0+x^1)=f_0(x^0)+f_0(x^1)+f_1(x^1),$$

и, используя предыдущие неравенства,

$$f(x)>\|f_0\|+\|f_1\|-\varepsilon,\quad \|x\|=1.$$

Отсюда легко следует

$$\|f\|=\|f_1\|+\|f_0\|. \qquad [3]$$

Чтобы теорема стала очевидной, остается только заметить, что $\|f_0\|$ и есть норма $f(x)$ в c.

Теорема 3. Общая форма вполне непрерывной (или просто непрерывной) линейной операции, отображающей l_1 в себя, дается преобразованием

$$y_m=\sum_{n=1}^{\infty}\alpha_{mn}x_n, \qquad [4]$$

причем все ряды

$$\sum_{m=1}^{\infty}|\alpha_{mn}|,\quad n=1,\ 2,\ \ldots \qquad [5]$$

сходятся равномерно относительно n (или сходятся и имеют ограниченные суммы для случая непрерывной операции).

Доказательства требует только случай вполне непрерывной операции $y=U(x)$ (т. е. такой, которая отображает всякое ограниченное множество в компактное).

Прежде всего заметим, что ряды [5] сходятся; достаточно последовательно полагать $x = e^n$, где

$$e^n = \{ e_p{}^n \}, \quad e_p{}^n = 0 \quad \text{при} \quad p \neq n, \quad e_n{}^n = 1. \qquad [6]$$

Если бы сходимость не была равномерной, можно было бы указать $\varepsilon > 0$ и последовательности $n_1, n_2, \ldots$; $m_1, m_2, \ldots$ так, что

$$\sum_{m=m_k+1}^{\infty} \| \alpha_{mn_k} \| > \varepsilon, \quad k = 1, 2, \ldots \qquad [7]$$

Замечая, что ряды $\sum_{m=1}^{\infty} |\alpha_{mn}|$ также сходятся, можно, путем выделения подпоследовательности добиться того, чтобы кроме [7] было также

$$\sum_{m=m_k+1}^{\infty} |\alpha_{mn_l}| < \frac{\varepsilon}{2}, \qquad l < k. \qquad [8]$$

Теперь рассмотрим последовательность точек

$$x^k = e^{n_k} = \{ e_p{}^{n_k} \}, \quad k = 1, 2, \ldots$$

В силу неравенств [7] и [8] расстояние между любой парой точек $y^k = U(x^k) = \{ \alpha_{mn_k} \}$ больше $\frac{\varepsilon}{2}$. Так как последовательность точек $\{ x^k \}$ ограничена, а никакая подпоследовательность $\{ y^k \}$ не может сходиться, операция $y = U(x)$ наверное не вполне непрерывна.

Наоборот, пусть условия [5] выполнены и $\{ x^k \}$ есть любая последовательность точек l_1, для которых $\| x^k \| \leqq 1$. Выберем положительные числа $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots$ так, чтобы ε_p сходилось к нулю, и беспредельно возрастающую последовательность натуральных чисел $m_1, m_2, \ldots$, для которых

$$\sum_{m=m_p+1}^{\infty} |\alpha_{mn}| < \varepsilon_p, \quad n = 1, 2 \ldots$$

Если $y^k = U(x^k) = \{ y_m{}^k \}$, то легко оценить, что

$$\sum_{m=m_p+1}^{\infty} |y_m{}^k| \leqq \sum_{n=1}^{\infty} |x_n{}^k| \sum_{m=m_p+1}^{\infty} |\alpha_{mn}| < \varepsilon_p \qquad [9]$$

Выделим из подпоследовательности $\{ y^k \}$ подпоследовательность $\{ y^{k_i} \}$ так, чтобы первые m_1 координат $y_m{}^{k_i}$ $m = 1, 2, \ldots m_1$ сходились к определенным пределам; затем из $\{ y^{k_i} \}$ выбираем подпоследовательность, у которой сходятся первые m_2 координат. Безгранично продолжая этот процесс и беря диагональную последовательность, получим подпоследовательность $\{ z^k \}$ такую, что $z_m{}^k$ сходится к определенному пределу z_m и в силу [9]

$$\sum_{m=m_p+1}^{\infty} |z_m{}^k| < \varepsilon_p \quad \text{и следовательно} \quad \sum_{m=m_p+1}^{\infty} |z_m| \leqq \varepsilon_p.$$

Но тогда $z=\{z_m\}$ также будет точка l_1 и

$$\|z^k-z\|\leqq\sum_{m=1}^{m_p}|z_m{}^k-z_m|+\sum_{m=m_p+1}^{\infty}|z_m{}^k|+\sum_{m=m_p+1}^{\infty}|z_m|<$$

$$<\sum_{m=1}^{m_p}|z_m{}^k-z_m|+2\varepsilon_p,$$

что и завершает доказательство теоремы.

Научно-исследовательский институт
математики и механики
Ленинградского государственного
университета.

Поступило
1 XII 1934.

MATHEMATIK

FUNKTIONALE UND OPERATIONEN IN DEN RÄUMEN DER ZAHLENFOLGEN

Von G. LORENTZ

(*Vorgelegt von S. Bernstein, Mitglied der Akademie, d. 1. XII. 1934*)

In dieser Notiz werden einige Sätze über lineare Funktionale und Operationen in den Räumen der Zahlenfolgen angegeben. Wir führen folgende Bezeichnungen ein: m ist der Raum von allen beschränkten reelen Zahlenfolgen $x=\{x_n\}$, $n=1, 2, \ldots$ mit der Norm

$$\|x\|=\sup_n|x_n|,$$

c sei die Untermenge von m von allen Folgen x mit $\lim x_n=0$. Ferner sei l_1 der Raum von allen Folgen $x=\{x_n\}$ mit der absolut konvergenten Reihe Σx_n und der Norm

$$\|x\|=\sum_{n=1}^{\infty}|x_n|.$$

Alle diese Räume sind Räume vom Typus (B) von S. Banach (1).

Satz 1. Die allgemeine Form eines linearen Funktionals im Raume m vird durch das Integral im Sinne von A. Kolmogoroff (2)

$$f(x)=\int_E x_n\,\Phi(dE)=\lim_{l_i-l_{i-1}\to 0}\sum l_i\,\Phi(E_i);\quad E_i=E(l_{i-1}\leqq x_n<l_i)\qquad[1]$$

angegeben, wobei E die Gesamtheit aller natürlichen Zahlen, E_i ihre Untermengen, und $\Phi(E)$ eine beliebige additive und beschränkte Mengenfunktion ist.

Dieser Satz ist ein Analogon eines Resultats von G. Fichtenholz und L. Kantorovič (3).

Wie bekannt, ist die allgemeine Form eines linearen Funktionals im Raume c die folgende:

$$\varphi(x)=\alpha_1 x_1+\alpha_2 x_2+\ldots\alpha_n x_n+\ldots, \quad \sum_n |\alpha_n|<+\infty. \qquad [2]$$

Nach einem allgemeinen Satze von S. Banach (1), kann ein solches Funktional, ohne seine Norm zu vergrössern, auf den ganzen Raum m fortgesetzt werden (nicht eindeutig). Eine von solchen Fortsetzungen wird durch die Formel [2] geliefert, welche für jeden $x\in m$ einen Sinn hat. Der folgende Satz charakterisiert diese Fortsetzung als die einzige, welche die Norm nicht vergrössert.

Satz 2. Jede Fortsetzung eines in c gegebenen linearen Funktionals auf m, die nicht durch Form [2] ausgedrückt wird, vergrössert notwendig seine Norm.

Satz 3. Die allgemeine Form einer totalstetigen (bzw. einfach stetigen) linearen Operation, die l_1 in sich abbildet, wird durch

$$y_m=\sum_{n=1}^{\infty}\alpha_{mn}x_n \qquad [4]$$

gegeben, wobei die Reihen

$$\sum_{m=1}^{\infty}|\alpha_{mn}|, \quad n=1,2,\ldots \qquad [5]$$

gleichmässig in n konvergieren (bzw. konvergieren und beschränkte Summen haben).

Forschungsinstitut
für Mathematik und Mechanik der Universität.
Leningrad.

Eingegangen
d. 1. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

1 S. Banach. Théorie des opérations linéaires. Warszawa, 1932. 2 A. Kolmogoroff. Math. Ann., Bd. 103, 1930, insbes. S. 663 und 683. 3 Г. М. Фихтенгольц и Л. В. Канторович. ДАН, 1934, т. III, № 5, стр. 307. G. Fichtenholz u. L. Kantorovič. C. R. Acad. Sci. URSS, 1934, v. III, № 5, S. 310.

МАТЕМАТИКА

М. КЕЛДЫШ и М. ЛАВРЕНТЬЕВ

К ТЕОРИИ КОНФОРМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

(*Представлено академиком Н. Н. Лузиным 2 XII 1934*)

Пусть D есть область Жордана, ограниченная спрямляемой кривой Γ, и пусть $w=f(z)$ есть функция, реализующая конформное отображение круга $|z|<1$ на область D. Ряд граничных задач теории функций сводится к вопросу о представимости функции $\ln|f'(z)|$ при $|z|<1$ интегралом Пуассона. В первой части настоящей заметки дается решение этой задачи, а также задач, с ней связанных. Во второй части рассматривается вопрос о представимости функции $z=\varphi(w)$ обратной для $w=f(z)$ рядом полиномов.

1. Теорема 1. Существует односвязная и однолистная область Δ, отличная от круга $|w|<1$, ограниченная спрямляемой кривой, содержащая точку $w=0$ и такая, что при конформном отображении этой области на круг $|z|<1$, $z=\varphi(w)$, $\varphi(0)=0$, всякая дуга γ, принадлежащая Γ, переходит в дугу окружности $|z|=1$ той же длины.

Отметим ряд свойств области Δ.

Свойство 1. Для функции, дающей конформное отображение круга $|z|<1$ на область Δ, $\ln|f'(z)|$ не представим интегралом Пуассона.

Свойство 2. Каковы бы ни были числа $\delta>0$, $K>0$, существуют числа $\varepsilon>0$, $\rho<1$ и на кривой $|\varphi(w)|=\rho$ система дуг с суммой длин равной ε, такие что при отображении Δ на круг $|z|<1$ дугам γ_i соответствуют дуги окружности $|z|=\rho$, сумма длин которых больше, чем: $K|\ln\varepsilon|^{-1-\delta}$.*

Свойство 3. Пусть r конформный радиус области Δ, соответствующий точке $w=0$, $(r=|\varphi'(0)|)$, и пусть $\psi(w)$ функция, правильная в замкнутой области и удовлетворяющая условию $|\psi(0)|=1$. Существует абсолютная константа $a>1$, такая что

$$\int_{\Gamma}|\Psi(w)|\cdot|dw|>2\pi ra.$$

Из рассмотрений В. И. Смирнова (2) и свойства 1 области Δ непосредственно вытекают дальнейшие свойства области Δ.

Свойство 4. В области Δ существует функция $F(w)$, представимая в Δ интегралом Коши и такая, что внутри Δ имеем: $|F(w)|>1$, а на границе Δ почти всюду $|F(w)|=1$.

Свойство 5. Для области Δ не существует полной системы полиномов, ортогональных по контуру Γ.

2. Пусть D произвольная однолистная и односвязная область, ограниченная спрямляемой кривой Γ и содержащая точку $w=0$. Обозначим через $J_n(w)$** полином

$$J_n(w)=w+c_2w^2+\ldots+c_nw^n,$$

реализующий минимум интеграла:

$$\int_{\Gamma}|P_n'(w)||dw|,$$

где:

$$P_n(w)=w+a_2w^2+\ldots+a_nw^n.$$

Обозначим через K_0 класс односвязных областей, ограниченных спрямляемой кривой и таких, что $\ln|f'(z)|$ представим интегралом Пуассона при $|z|<1$, где $w=f(z)$, $f(0)=0$ есть функция, дающая конформное отображение круга на область D.

Класс K_0 содержит все области, ограниченные спрямляемой кривой и принадлежащие классу $R(m,+\infty)$ или классу $R(-\infty,M)$.

Класс K_0 также содержит все области, граница Γ которых обладает следующим свойством: существует число p, $p>0$ такое, что какова бы ни была дуга γ, $\gamma\subset\Gamma$, отношение длины γ к ее диаметру не больше p.

* Это свойство показывает, что невозможно существенно обобщить одну теорему М. Лаврентьева (1).

** Полиномы $J_n(w)$ были впервые рассмотрены G. Julia.

Теорема 2. Для того чтобы последовательность полиномов $J_n(w)$ сходилась внутри области Δ, к функции, дающей конформное отображение Δ на круг $|z|<1$, $\varphi(0)=0$, $\varphi'(0)=1$, необходимо и достаточно, чтобы D принадлежала классу K_0. Если область D принадлежит классу K_0, то сходимость равномерна в замкнутой области $\overline{D}$.

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова Академии Наук СССР.
Москва.

Поступило
2 XII 1934.

MATHÉMATIQUES

SUR LA REPRÉSENTATION CONFORME

Par M. KELDYŠ (KELDYSCH) et M. LAVRENTJEV

(*Présenté par N. Lusin, de l'Académie, le 2. XII. 1934*)

Soit D un domaine de Jordan, limité par une courbe rectifiable et soit $w=f(z)$ la fonction qui réalise la représentation conforme du cercle $|z|<1$ sur D. Quelques problèmes limites de la théorie des fonctions se réduisent à la question suivante: la fonction $\ln|f'(z)|$, est-elle représentable par l'intégrale de Poisson dans le cercle $|z|<1$? Dans la première partie de cette Note nous donnons une réponse à cette question et à quelques questions qui s'y rattachent. Dans la deuxième partie nous obtenons une propriété des polynômes extrémaux introduits par M. Julia.

1. Théorème 1. Il existe un domaine Δ, simplement connexe, univalent, limité par une courbe rectifiable Γ, renfermant l'origine; ce domaine ne coïncide pas avec le cercle $|w|<1$ et jouit de la propriété suivante: dans la représentation conforme $z=\varphi(w)$, $\varphi(0)=0$, de Δ sur le cercle $|z|<1$, il correspond à chaque arc γ, $\gamma\subset\Gamma$, une arc de même longueur sur la circonférence $|z|=1$.

Indiquons quelques propriétés nouvelles du domaine Δ.

1-re propriété. Soit $w=f(z)$ la fonction qui réalise la représentation conforme du cercle $|z|<1$ sur Δ. La fonction $\ln|f'(z)|$ n'est pas représentable par l'intégrale de Poisson dans le cercle $|z|<1$.

2-me propriété. Quels que soient deux nombres positifs K et δ, il existe deux nombres $\rho<1$ et $\varepsilon>0$ et un système d'arcs γ_i, dont la somme des longueurs est égale à ε, sur la courbe $|\varphi(w)|=\rho$, tels que dans la représentation conforme de Δ sur la cercle $|z|<1$, il correspond aux arcs γ_i un système d'arcs de $|z|=\rho$, dont la somme des longueurs est plus grande que $K|\ln\varepsilon|^{-1-\delta}$.*

3-me propriété. Soit $\psi(w)$ une fonction régulière dans le domaine fermé $\overline{\Delta}$, et telle que, $|\psi(0)|=|\varphi'(0)|$. Il existe une constante absolue a, telle que

$$\int_\Gamma |\psi(w)||dw| > 2\pi + a.$$

* Il résulte de cette propriété que les théorèmes 5 et 6 de M. Lavrentjev (1) ne sont pas susceptibles d'une généralisation essentielle.

En comparant la première propriété de Δ avec quelques résultats de V. Smirnov (2), on obtient les deux propriétés suivantes de Δ.

4-me propriété. Il existe une fonction $F(w)$, représentable par l'intégrale de Cauchy à l'intérieur de Δ et telle qu' à l'intérieur de Δ $|F(w)|>1$, et sur la frontière de Δ on a $|F(w)|=1$ presque partout.

5-me propriété. Il n'existe pour le domaine Δ aucun système complet de polynômes orthogonaux sur le contour Γ.

2. Soit D un domaine simplement connexe quelconque, limité par une courbe rectifiable Γ, renfermant l'origine. Désignons par $J_n(w)$ le polynôme

$$J_n(w)=w+c_2w^2+\ldots+c_nw^n$$

qui donne la valeur minimale à l'intégrale

$$\int_\Gamma |P'_n(w)|\,dw, \quad \text{où} \quad P_n(w)=w+a_2w^2+\ldots+a_nw^n.*$$

Désignons par K_0 la classe des domaines limités par les courbes rectifiables et tels que $\ln|f'(z)|$ est représentable par l'intégrale de Poisson dans le cercle $|z|<1$, où $f(z)$ réalise la représentation conforme du cercle $|z|<1$ sur D $(f(0)=0)$.

La classe K_0 contient les domaines limités par les courbes rectifiables et appartenant à la classe $R(m,+\infty)$ ou à la classe $R(-\infty, M)$**.

La classe K_0 contient aussi les domaines, dont la frontière Γ jouit de la propriété suivante: il existe un nombre positif p, tel que, quel que soit l'arc $\gamma, \gamma\subset\Gamma$, le rapport de la longueur de γ à son diamètre est inférieur à p.

Théorème 2. Pour que la suite des polynômes $J_n(w)$ converge à l'intérieur du domaine D vers la fonctions $\varphi(w)$, réalisant la représentation conforme du domaine D sur le cercle $|z|<1$, $(\varphi(0)=0,\ (\varphi'(0)=1)$, il est nécessaire et suffisant que D appartienne à la classe K_0. Si le domaine D appartient à la classe K_0, la convergence est uniforme dans le domaine fermé $\overline{D}$.

Institut physico-mathématique V. Stekloff de l'Académie des Sciences de l'URSS. Moscou.

Manuscrit reçu le 2. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

1 М. Лаврентьев. ДАН, 1935, I, 1, теорема 5. M. Lavrentjev. C. R. Acad. Sci. URSS, 1935, I, 1. 2 В. П. Смирнов. ИМЕН, 1932. V. Smirnov. Bull. Acad. Sci URSS, 1932.

---

* Les polynômes $J_n(w)$ ont été introduits par M. Julia.

** La définition des classes $R(m,+\infty)$ et $R(M,+\infty)$ voir l. c., p. 2.

МАТЕМАТИКА

С. А. ЯНЧЕВСКИЙ

О НЕРЕГУЛЯРНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВАХ СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

(*Представлено академиком С. Н. Бернштейном 1 XII 1934*)

В наших предыдущих работах [1] доказаны теоремы колебания для самосопряженных дифференциальных систем 4-го порядка в случае, названном нами регулярным когда некоторые коэффициенты канонических граничных условий имеют определенные знаки.* Теперь будут даны примеры, когда такое обстоятельство не имеет места. В них будут выясняться некоторые специфические особенности этих нерегулярных случаев. Рассмотрим дифференциальную систему

$$y^{IV} - \lambda y = 0 \quad (0 \leqslant x \leqslant 1), \quad U_i(y) \equiv \sum_{k=1}^{4} c_{ik} y^{(4-k)}_{|x=0} + \sum_{k=1}^{4} d_{ik} y^{(4-k)}_{|x=1} = 0, \quad (i = 1-4) \qquad [1]$$

где граничные условия считаем уже приведенными к одному из канонических видов. Сперва будет рассматриваться только штурмовский случай, а в нем нас будут интересовать только положительные собственные значения параметра λ. Мы имеем решения данного уравнения $y_1 = \operatorname{sh} \mu x$, $y_2 = \operatorname{ch} \mu x$, $y_3 = \sin \mu x$, $y_4 = \cos \mu x$ $\left(\mu = \sqrt[4]{\lambda};\ \lambda,\ \mu > 0\right)$. Поэтому уравнение $\operatorname{Det} U_i(y_k) = 0$, корнями которого будут собственные значения, может быть, как легко подсчитать, преобразовано к виду:

$$\cos \mu \left[g_1(\mu) \operatorname{ch} \mu + g_2(\mu) \operatorname{sh} \mu\right] + \sin \mu \left[h_1(\mu) \operatorname{ch} \mu + h_2(\mu) \operatorname{sh} \mu\right] + g_3(\mu) = 0, \qquad [2]$$

где

$$g_1(\mu) = \delta_8 \mu^8 + \delta_4 \mu^4 + \delta_0; \qquad g_2(\mu) = \delta_7 \mu^7 + \delta_5 \mu^5 + \delta_3 \mu^3 + \delta_1 \mu;$$

$$g_3(\mu) = \delta_8 \mu^8 + \gamma_4 \mu^4 + \delta_0; \quad h_1(\mu) = \gamma_7 \mu^7 + \ldots; \quad h_2(\mu) = \gamma_6 \mu^6 + \ldots$$

Если в некотором промежутке $k\pi \leqslant \mu \leqslant (k+1)\pi$ мы имеем

$$|g_1(\mu) \operatorname{ch} \mu + g_2(\mu) \operatorname{sh} \mu| > |g_3(\mu)|,$$

то в нем уравнение [2] имеет наверное хоть один корень. Можно, однако, подсчитать и число таких интервалов, где имеет место противоположное неравенство. Так, напр., Н. Е. Кочин показал, что это число не может быть больше, чем $2\omega + \log \omega + 18$, где $\frac{\omega}{2}$ наибольшее из чисел 1 и $\left|\frac{\gamma_4}{\delta_4}\right|$. Уравнение [2] имеет следовательно, вообще говоря, сколь-угодно большое число корней в промежутке $|0, M|$, когда M достаточно велико.

* Из 10 случаев канонических граничных условий три (VIII—X) всегда регулярны. В штурмовских случаях, где два граничных условия относятся только к одному концу промежутка, а два — только к второму, условия регулярности выполнены также всегда на одном из концов в случаях IV—VII.

Теперь функция	будет собственной функцией задачи с граничными условиями типа
$Y=(\operatorname{ch} mx-\cos mx)+\beta(\operatorname{sh} mx-\sin mx)$	VII и V
$Y=\operatorname{sh} mx-\beta\sin mx$	VI и IV
$Y=\operatorname{ch} mx-\beta\cos mx$	III и II
$Y=(\operatorname{ch} mx+\cos mx)+\beta(\operatorname{sh} mx+\sin mx)$	I

При этом коэффициенты канонических граничных условий будут:

$$A_i=0,$$

$$B_3=-\frac{Y'}{Y}\Big|_{x=1},\quad B_4=\frac{Y'Y''-YY'''}{Y'^2}\Big|_{x=1}\ (\text{сл. III, VI, VII}),\quad B_1=0,\quad B_0=\frac{Y'''}{Y'}\Big|_{x=1},$$

$$B_2=-\frac{Y'Y''+YY'''}{Y'^2}\Big|_{x=1}\quad (\text{сл. I, II, IV, V}).$$

Условия регулярности здесь не выполняются на конце $x=1$, и простой подсчет показывает кроме того, что в уравнении [2] мы будем иметь или $\gamma_4=0$, или $|\gamma_4|=|\delta_4|$, так что можно считать $\frac{\omega}{2}=1$. Мы будем брать m достаточно большим. Наша собственная функция отвечает теперь собственному значению $\lambda=m^4$, которое наверное больше $E\frac{m}{\pi}-21$ других собственных значений. Если далее непрерывно менять β надлежащим образом, то и Y будет непрерывно меняться и иметь при этом число нулей ν внутри промежутка $(0, 1)$, которое может быть по нашему желанию изменено от 0 до примерно $E\frac{m}{\pi}$. Граничные условия здесь не могут помешать такому процессу, как это было в регулярном случае. Поэтому и метод непрерывности не годится для получения теорем колебания в таких случаях, и теорема колебания тут может быть несколько отлична от обычных теорем регулярных случаев. Заметим еще, что малым изменением коэффициентов граничных условий можно перевести рассматриваемые штурмовские случаи в не штурмовские. Кстати, m всегда можно выбрать так, что рассматриваемое собственное значение — простое.

В заключение еще один совсем простой пример:

$$y^{IV}-\lambda y=0,\quad y_0=y_0''=0,\quad y_1'''-Qy_1''=0,\quad y_1'-Qy_1=0.$$

Уравнение [2] здесь будет: $(\mu\cos\mu-Q\sin\mu)\,(\mu\operatorname{ch}\mu-Q\operatorname{sh}\mu)=0$ Граничные условия — типа VI и регулярны при $Q<0$. Но пусть $Q>0$ Тогда имеем собственные значения λ_k ($\lambda_k\to k^4\pi^4$ при $Q\to\infty$) с собственными функциями $y_k=\sin\sqrt[4]{\lambda_k}\,x$ и еще одно собственное значение λ_0 $\left(\text{где } m=\sqrt[4]{\lambda_0}\text{ корень уравнения } \operatorname{th}\mu=\frac{\mu}{Q}\right)$ с собственной функцией $\operatorname{sh} mx$. При возрастании Q от 1 до ∞ m возрастает от 0 до ∞. Когда λ_0 сталкивается с λ_k, то такому двойному собственному значению соответствует собственная функция $c_1\operatorname{sh} mx+c_2\sin mx$ с ν_k нулями, где ν_k любое число от 0 до $k-1$.

Мы еще вернемся к более общему рассмотрению нерегулярных задач.

Научно-исследовательский институт
математики и механики
Ленинградского государственного
университета.

Поступило
1 XII 1934.

MATHEMATIK

ÜBER IRREGULÄRE OSZILLATIONSEIGENSCHAFTEN DER EIGENFUNKTIONEN BEI DEN EIGENWERTPROBLEMEN VIERTER ORDNUNG

Von S. JANČEVSKIJ (JANCZEWSKI)

(*Vorgelegt von S. Bernstein, Mitglied der Akademie, d. 1. XII. 1934*)

In unseren früheren Abhandlungen (1) sind die Oszillationstheoreme für die selbstadjungierten Eigenwertprobleme 4. Ordnung erhalten in dem von uns regulär genannten Falle, wo einige Koeffizienten der kanonischen Randbedingungen besondere Vorzeichen haben.* Jetzt werden wir Beispiele von Eigenwertproblemen, wo dieses nicht stattfindet, betrachten, die einige spezifische Eigenschaften dieser nicht regulären Fälle zeigen. Wir nehmen also das Differentialsystem:

$$y^{IV} - \lambda y = 0 \quad (0 \leqslant x \leqslant 1), \quad U_i(y) \equiv \sum_{k=1}^{4} c_{ik} y^{(4-k)}_{|x=0} + \sum_{k=1}^{4} d_{ik} y^{(4-k)}_{|x=1} = 0, \quad (i = 1-4) \qquad [1]$$

wobei die Randbedingungen schon zur kanonischen Form transformiert sein müssen. Zuerst wird nur ein Sturmsches Eigenwertproblem studiert und dabei werden uns nur positive Eigenwerte interessieren. Das Fundamentallsystem der Integrale ist: $y_1 = \operatorname{sh} \mu x$, $y_2 = \operatorname{ch} \mu x$, $y_3 = \sin \mu x$, $y_4 = \cos \mu x$ $\left(\mu = \sqrt[4]{\lambda};\ \lambda,\ \mu > 0\right)$. Die Gleichung Det $U_i(y_k) = 0$, deren Wurzeln Eigenwerte sind, wird also wie leicht auszurechnen, in der Form

$$\cos \mu \left[g_1(\mu) \operatorname{ch} \mu + g_2(\mu) \operatorname{sh} \mu\right] + \sin \mu \left[h_1(\mu) \operatorname{ch} \mu + h_2(\mu) \operatorname{sh} \mu\right] + g_3(\mu) = 0, \quad [2]$$

darstellbar, wobei

$$g_1(\mu) = \delta_8 \mu^8 + \delta_4 \mu^4 + \delta_0; \qquad g_2(\mu) = \delta_7 \mu^7 + \delta_5 \mu^5 + \delta_3 \mu^3 + \delta_1 \mu;$$

$$g_3(\mu) = \delta_8 \mu^8 + \gamma_4 \mu^4 + \delta_0; \qquad h_1(\mu) = \gamma_7 \mu^7 + \ldots; \qquad h_2(\mu) = \gamma_6 \mu^6 + \ldots \text{ ist.}$$

Wenn in einem Intervalle $k\pi \leqslant \mu \leqslant (k+1)\pi$

$$\left| g_1(\mu) \operatorname{ch} \mu + g_2(\mu) \operatorname{sh} \mu \right| > \left| g_3(\mu) \right|,$$

ist, so besitzt hier Gleichung [2] mindestens eine Wurzel. Es ist aber möglich die Anzahl der Intervalle wo die entgegengesetzte Ungleichung gilt, zu berechnen. N. Kočin hat gezeigt dass, z. B. diese Zahl nicht grösser sein kann, als $2\omega + \log \omega + 18$, wobei $\frac{\omega}{2}$ die grössere von den Zahlen 1 und $\left|\frac{\gamma_4}{\delta_4}\right|$ ist. Die Gleichung [2] hat also im allgemeinen eine beliebig grosse Zahl von Nullstellen im Intervalle $(0, M)$, wenn M genügend gross ist. Jetzt wird

* Von 10 Fällen der kanonischen Randbedingungen sind drei (VII—X) immer regulär, und bei den sog. Sturmschen Fällen, wo zwei von den Randbedingungen nur zum einen Endpunkt und zwei nur zum zweiten gehören, sind in den Fällen IV—VII die Regularitätsbedingungen auch immer auf einer von den Grenzen erfüllt.

die Funktion	eine Eigenfunktion eines Systems von der kanonischen Form
$Y=(\operatorname{ch} mx-\cos mx)+\beta(\operatorname{sh} mx-\sin mx)$	VII sowie V
$Y=\operatorname{sh} mx-\beta\sin mx$	VI sowie IV
$Y=\operatorname{ch} mx-\beta\cos mx$	III sowie II
$Y=(\operatorname{ch} mx+\cos mx)+\beta(\operatorname{sh} mx+\sin mx)$	I

wobei hier die Koeffizienten der kanonischen Randbedingungen

$$A_i=0,\ B_3=-\frac{Y'}{Y}\Big|_{x=1},\quad B_4=\frac{Y'Y''-YY'''}{Y^2}\Big|_{x=1}\ \text{(Fälle III, VI, VII)},$$

$$B_1=0,\ B_0=\frac{Y'''}{Y'}\Big|_{x=1},\quad B_2=-\frac{Y'Y''+YY''''}{Y'^2}\Big|_{x=1}\ \text{(Fälle I, II, IV, V)}$$

sind. Die Regularitätsbedingungen sind bei $x=1$ nicht erfüllt und eine einfache Berechnung zeigt, dass in [2] entweder $\gamma_4=0$, oder $|\gamma_4|=|\delta_4|$ ist, also man $\frac{\omega}{2}=1$ setzen kann. Es sei jetzt m beliebig gross. Unsere Eigenfunktion entspricht hier einem Eigenwerte $\lambda=m^4$, der sicher grösser als mindestens $E\frac{m}{\pi}-21$ andere Eigenwerte ist. Wenn wir ferner β in geeigneter Weise stetig ändern werden, so wird auch $Y(x)$ sich stetig ändern und dabei eine Zahl ν von Nullstellen im Intervallinnern besitzen, welche von 0 bis ungefähr $E\frac{m}{\pi}$ nach unserem Belieben wechselt. Die Grenzbedingungen können hier einen solchen Prozesse nicht stören (wie im regulären Falle). Man sieht also, dass in solchen Fällen die Kontinuitätsmethode für das Studium der Oszillationseigenschaften nicht zum Ziele führen wird und die Oszillationstheoreme hier von denjenigen der regulären Fälle etwas verschieden sein können. Es ist noch zu bemerken, dass man durch eine kleine Abänderung der Koeffizienten in den Randbedingungen die betrachteten Sturmschen Systeme in nicht Sturmsche überführen kann. Beiläufig kann m auch so gewählt werden dass unser Eigenwert ein einfacher ist.

Zum Schluss noch ein ganz einfaches Beispiel:

$$y^{IV}-\lambda y=0,\quad y_0=y_0''=0,\quad y_1'''-Qy_1''=0,\quad y_1'-Qy_1=0.$$

[2] wird hier: $(\mu\cos\mu-Q\sin\mu)(\mu\operatorname{ch}\mu-Q\operatorname{sh}\mu)=0$. Die Randbedingungen sind vom Typus VI, regulär für $Q<0$. Es sei aber $Q>0$. Wir haben die Eigenwerte λ_k ($\lambda_k\to k^4\pi^4$ für $Q\to\infty$) mit den Eigenfunktionen $y_k=\sin\sqrt[4]{\lambda_k}x$, und noch einen Eigenwert λ_0 (wobei $m=\sqrt[4]{\lambda_0}$ die Nullstelle der Gleichung $\operatorname{th}\mu=\frac{\mu}{Q}$ ist) mit der Eigenfunktion $\operatorname{sh} mx$. Bei Q von 1 bis ∞ wachsend, wird m auch von 0 bis ∞ wachsen. Wenn λ_0 mit λ_k zusammenfällt, so entspricht diesem zweifachen Eigenwerte die Eigenfunktion $c_1\operatorname{sh} mx+c_2\sin mx$ mit ν_k Nullstellen, wobei ν_k von 0 bis $k-1$ beliebig gewählt sein kann. Wir werden noch einmal auf eine allgemeinere Untersuchung dieser Fragen zurückkommen.

Forschungsinstitut
für Mathematik und
Mechanik der Universität
Leningrad.

Eingegangen
d. 1. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Janczewski. Annals of Mathematics, 29, 1928, S. 521—542; 31, 1930, S. 668—680; C. R., Paris, 188, 1929, S. 435.

ФИЗИКА

П. ПАВИНСКИЙ

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ОБМЕНА МЕЖДУ ЯДРАМИ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 11 XII 1934*)

1. Когда два атомных ядра сближаются, частицы, составляющие их (протоны, нейтроны, α-частицы), имеют возможность переходит из одного ядра в другое. Вероятность перехода, исчезающая при больших расстояниях, быстро возрастает, когда ядра подходят почти вплотную друг к другу. Отсюда следует, что два ядра в процессе столкновения нужно рассматривать как динамическую систему.

Благодаря тому, что частица может переходить в другое ядро, ее энергия изменяется; полное изменение энергии всех частиц проявляется в виде добавочной энергии притяжения или отталкивания самих ядер, когда мы рассматриваем относительное перемещение их центров тяжести. Существование этой добавочной энергии, хорошо известной из квантовой теории молекулы, тесным образом связано с возможностью перехода частиц из одного ядра в другое.

Цель предлагаемой работы — рассмотреть влияние этого эффекта на вероятность взаимного проникновения ядер при их столкновении.

2. Взаимодействие ядер характеризуется кулоновскими силами отталкивания и упомянутыми добавочными силами (по преимуществу, силами обмена). Рассмотрим их для случая столкновения двух одинаковых ядер.

Пусть $U(\rho)$ обозначает уменьшение энергии частиц, составляющих ядра, при сближении последних, вследствие эффекта обмена частицами. Тогда потенциальная функция, определяющая движение центров тяжести, будет

$$V(\rho) = \frac{e^2 z^2}{\rho} - U(\rho), \qquad [1]$$

где ρ — расстояние между центрами тяжести ядер. Не все частицы принимают одинаковое участие в образовании энергии $U(\rho)$. Рассмотрим здесь случай, когда орбитальный момент частицы $l = 0$. Пусть E — энергия частицы в ядре при отсутствии второго ядра и E' она же в системе сближенных ядер. Возможны два значения E', соответствующие одному и тому же значению E; их сумма приблизительно равна $2E$. Таким образом, если уровень E был первоначально занят двумя частицами в каждом ядре, то, по принципу Паули, оба уровня E' в системе должны быть заняты четырьмя частицами, общая энергия которых, следовательно, изменяется мало. Если же уровень E был занят только одной частицей определенного сорта, то в системе ядер две частицы смогут разместиться на более низком из уровней E', и уменьшение их энергии в сумме составит $2(E - E')$. Таким образом, лишь частицы, принадлежащие к незаполненным орбитам в ядре, вносят свою долю в образование энергии притяжения $U(\rho)$.

В случае $l \neq 0$ расщепление уровня происходит сложнее, но нетрудно и здесь вывести соответствующие правила.

3. Воспользовавшись методом теории молекул ([1]), получим для двух значений энергии E'

$$E'_{+}=E+\frac{L+K}{1+Q},$$
$$E'_{-}=E-\frac{L-K}{1-Q}, \qquad [2]$$

где L, K и Q суть известные интегралы, из которых преобладающим является интеграл обмена L. Чтобы оценить порядок величины, положим

$$E-E'_{+}\cong -L=-\int \psi_a V_a \psi_b \, d\tau, \qquad [3]$$

где V_a — потенциальная функция протона (или нейтрона) в ядре, а ψ_a и ψ_b суть собственные функции, характеризующие состояние частицы в обоих ядрах. Так как $V_a<0$, то формула [3] дает нам неполное уменьшение энергии для одной частицы.

Можно вычислить интеграл [3] для случая прямоугольной ямы, мы получим (для $l=0$):

$$-L=\frac{2\sqrt{|E|}}{k}\,\frac{1}{\rho}\,e^{-k\sqrt{|E|}\,(\rho-\alpha)}, \qquad k=\frac{\sqrt{2m}}{\hbar} \qquad [4]$$

где a — радиус ядра, m приведенная масса протона и $1<\alpha<2$. Отсюда видно, что эффект зависит, главным образом, от энергии E, которую можно без значительной погрешности отожествить с энергией связи частицы в ядре. Чем меньше энергия связи частицы, тем больше доля, вносимая этой частицей в энергию притяжения $U(\rho)$. Вторым фактором здесь является количество частиц, участвующих в образовании $U(\rho)$.

Ядра H^2 и Li^6 обладают, по крайней мере, двумя непарными частицами (нейтрон и протон); в обоих случаях частицы являются слабо связанными, как это видно из дефектов масс. Возможно, что высокая проникающая способность ядер H^2 (дейтонов), наблюдаемая в опытах по искусственному преобразованию элементов ([2]), имеет причиной отмеченный здесь эффект (уменьшение энергии вследствие обмена ядер частицами). Такое толкование находится в согласии с теорией Е. Вигнера ([4]) об образовании α-частицы. Заметим, что явление не может быть объяснено особенностями внешнего поля дейтона, так как аномальное рассеяние α-частиц в тяжелом водороде не отличается существенно от такового в обычном водороде ([3]).

Численные результаты не являются вполне определенными. Грубый подсчет при помощи формул [1] и [4] дает для вероятности прохождения через потенциальный барьер порядок величины 0.01 для столкновения $Li_6 - Li_6$ и несколько меньше для столкновений $Li_7 - Li_7$.

В заключение я хотел бы выразить благодарность проф. В. А. Фоку (Ленинград) за его интерес к этой работе и критические замечания.

Физико-технический институт. Томск.
Оптический институт. Ленинград.

Поступило
11 XII 1934.

PHYSIQUE

SUR L'INTERACTION D'ÉCHANGE ENTRE DEUX NOYAUX

Par P. PAVINSKIJ

(*Présenté par S. Wawilow, de l'Académie, le 11. XII. 1934*)

1. Si deux noyaux se rapprochent l'un de l'autre, les particules qui les constituent (protons, neutrons, particules α) ont une bonne occasion de passer d'un noyau dans l'autre.

La probabilité de cet échange est négligeable tant que les noyaux sont suffisamment loin l'un de l'autre, mais elle croît rapidement quand ils se rapprochent à une distance comparable à leurs dimensions spatiales. Il faut donc considérer deux noyaux en collision comme un système dynamique unique.

Par conséquent, l'état des constituants d'un noyau se trouve modifié par la présence de l'autre noyau dans son voisinage. Le changement intégral de l'énergie du mouvement intérieur se révèle comme une énergie supplémentaire d'attraction (ou de répulsion) des noyaux eux-mêmes, quand nous considérons le mouvement de leurs centres de gravité. L'existence de cette énergie est intimement liée au phénomène de la transition des particules entre deux noyaux.

On peut se demander quelle est l'influence de cet effet sur la probabilité de pénétration mutuelle des noyaux.

2. Les forces qui agissent entre deux noyaux sont celles de Coulomb et les susdites forces d'échange. Nous allons les calculer d'une façon élémentaire pour le cas du choc de deux noyaux identiques.

Soit $U(\rho)$ la diminution de l'énergie des particules des noyaux due au phénomène d'échange. Alors l'interaction des noyaux se caractérise par la fonction potentielle

$$V(\rho) = \frac{e^2 z^2}{\rho} - U(\rho), \qquad [1]$$

où ρ est la distance entre les centres de gravité des noyaux. Les particules ne prennent pas toutes une part égale à la génération de l'énergie $U(\rho)$. Considérons ici le cas où le moment orbital d'une particule $l = 0$. Soit E. l'énergie de la particule dans le noyau seul, et E' cette énergie dans les noyaux rapprochés à la distance ρ. Il y a deux valeurs de E' qui correspondent à une même valeur de E. Leur somme est approximativement égale à la double valeur de E. Or, si le niveau E est occupé par deux particules de la même espèce, les niveaux E' doivent être occupés par quatre particules (car dans les deux noyaux il y a quatre particules ayant l'énergie E), et la somme de leur énergie ne change presque pas. Mais, si le niveau E est occupé par une seule particule, les deux particules des noyaux peuvent se placer sur celui des niveaux E', qui est moins élevé, et leur énergie sommaire diminue de $2(E - E')$. Ainsi, ce ne sont que les particules placées sur les orbites incomplètes qui prennent part à la génération de l'énergie d'attraction $U(\rho)$.

Dans le cas où $l \neq 0$, la séparation des niveaux devient plus compliquée, mais il n'est pas difficile de déduire les règles qui sont applicables dans ce cas.

3. En nous servant de la méthode de la théorie des molécules (1) nous obtenons deux valeurs de E'.

$$E'_+ = E + \frac{L+K}{1+Q}, \qquad E'_- = E - \frac{L-K}{1-Q}, \qquad [2]$$

où L, K et Q sont les intégrales connues.

Pour estimer l'ordre de grandeur de $E-E'$ nous nous bornerons au terme prédominant et nous supposerons

$$\Delta E = E - E'_+ = -L = -\int V_a \psi_a \psi_b \, d\tau, \qquad [3]$$

où V_a est la fonction potentielle pour le proton (ou le neutron) du premier noyau, et ψ_a et ψ_b sont les fonctions propres de cette particule dans le premier et le second noyau respectivement. Puisque $V_a < 0$, la formule [3] nous donne la diminution de l'énergie de la particule.

On peut calculer l'intégrale [4] pour le cas du creux rectangulaire. On obtient (en supposant que $l=0$)

$$-L = \frac{2\sqrt{|E|}}{k} \frac{1}{\rho} e^{-k\sqrt{|E|}(\rho-\alpha a)}, \qquad k = \frac{\sqrt{2m}}{\hbar} \qquad [4]$$

où $1 < \alpha < 2$, a est le rayon du noyau, et m est la masse réduite du proton. Nous voyons que l'effet en question ne dépend essentiellement que de l'énergie E, qu'on peut identifier, sans grande erreur avec l'énergie de liaison de la particule dans le noyau. La valeur absolue de L augmente avec la diminution de l'énergie de liaison E, et ainsi les particules qui sont le plus faiblement liées jouent un rôle plus important dans la création de l'énergie $U(\rho)$.

Les noyaux de H^2 et de Li^6 possèdent chacun au moins deux particules impaires (un neutron et un proton), dans les deux cas l'énergie de liaison de ces particules n'est pas grande, ce dont on peut s'apercevoir par les décroissances des masses des noyaux. C'est peut-être ce qui explique la haute faculté de pénétration des deutons observée dans les expériences de transmutation artificielle des éléments (2). Nous devons remarquer qu'on ne peut pas expliquer ce phénomène par les particularités du champ du deuton, parce que la diffusion anormale des particules α dans l'hydrogène lourd ne diffère point de celle qui a lieu dans l'hydrogène ordinaire, négligeant les effets dûs à la difference des masses (3).

L'interprétation que nous venons d'exposer s'accorde avec la théorie de E. Wigner (4) sur la formation de la particule α.

Les résultats numériques ne sont pas assez certains. Un calcul très approximatif fait au moyen des formules [1] et [4] nous donne pour la probabilité de pénétration mutuelle l'ordre de grandeur 0.01 pour les collisions des noyaux Li_6—Li_6 et un peu moins pour les collisions de Li_7—Li_7, l'énergie des ions incidents étant supposée égale à 10^6 é.-v.

Je tiens à remercier le professeur V. A. Fock (Leningrad) pour l'intérêt qu'il a pris à mon travail et pour ses précieuses observations à son sujet.

Institut physico-technique. Tomsk.
Institut optique. Leningrad.

Manuscrit reçu
le 11. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

1 F. Hund. Hdb. d. Phys., XXIV, 1, p. 642, 1933. 2 M. L. E. Oliphant, P. Harteck and Lord Rutherford. Proc. Roy. Soc. (A), 692, 1934. 3 Lord Rutherford and A. E. Kempton. Proc. Roy. Soc. (A), 143, 724, 1934. 4 E. Wigner. Phys. Rev., 43, 252, 1933.

ФИЗИКА

М. ЛЕОНТОВИЧ

К ТЕОРИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА В НЕРАВНОМЕРНО НАГРЕТОМ КРИСТАЛЛЕ

(Представлено академиком Л. И. Мандельштамом 21 XI 1934)

§ 1. В работе Л. И. Мандельштама* было указано на то, что интенсивность молекулярного рассеяния света неравномерно нагретым кристаллом определяется не только температурой в рассеивающем объеме, но должна также зависеть от распределения температуры по всему телу. Там было указано, что явление это должно быть тем резче, чем меньше коэффициент поглощения для акустических волн тех длин волн Λ ($2\Lambda \sin\frac{\vartheta}{2}=\lambda$, где λ длина волны света), которые определяют рассеяние света в данном направлении.

Задачей настоящей работы, выполненной по предложению Л. И. Мандельштама, является ориентировочный расчет, позволяющий установить величину эффекта в зависимости от коэффициента поглощения и распределения температуры. Чтобы дать количественную теорию явления, необходимо учесть обмен энергии между длинными акустическими волнами и теми „внутренними“ степенями свободы (короткие волны, борновская часть упругого спектра), энергия которых определяет температуру тела, измеренную обычными способами.

Мы проведем расчет модели, которая, как мне кажется, отображает существенные черты интересующего нас явления. Именно мы рассмотрим броуновское движение одномерной цепочки упруго связанных друг с другом частиц, происходящее в сопротивляющейся среде и при наличии случайных толчков. Температуру среды (изображающей „внутренние степени свободы“) мы считаем изменяющейся от одной точки цепочки к другой. Коэффициент трения частиц (и соответствующий ему коэффициент поглощения упругих волн) и связанные с ними величины B_{kl} (в уравнении [2]), являющиеся мерой оживленности толчков, определяют величину теплового обмена между упругими колебаниями и средой.

При решении задачи мы пользуемся обычными в теории броуновского движения методами теории случайных процессов (уравнение Эйнштейна-Фоккера). Заметим, что метод, примененный здесь, позволяет сделать расчет и для более совершенной модели (три измерения, учет зависимости коэффициента поглощения от частоты). Можно было бы также рассматривать твердое тело как континуум (по Дебаю). Мы ограничиваемся здесь, однако, указанной простейшей моделью и наиболее простыми случаями распределения температуры.

§ 2. Уравнение движения системы с потенциальной энергией

$$U=\frac{1}{2}\sum_{kl}U_{kl}u_k u_l$$

кинетической

$$T=\frac{1}{2}\sum_{k}m_k v_k^2$$

* Л. И. Мандельштам, ДАН, т. II, 1934, стр. 219.

диссипативной функцией

$$F=\frac{1}{2}\sum f_k v_k^2$$

и при наличии внешних сил $K_k(t)$ имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} m\dot{v}_k+\sum_l U_{kl}u_l+f_k v_k&=K_k(f),\\ \dot{u}_k&=v_k. \end{aligned}\right\} \qquad [1]$$

Здесь u_k — смещение, v_k — соответствующие скорости. Силы $K_k(t)$ должны учитывать „толчки“ среды на нашу систему. Мы перейдем к статистической трактовке задачи и будем предполагать как обычно в теории броуновского движения, что силы $K_k(t)$ случайные функции времени, такие, что импульсы этих сил $\int K_k(t)\,dt$ за р а з н ы е промежутки времени статистически независимы между собой. Тогда задача эквивалентна задаче, приводящей к уравнению Эйнштейна-Фоккера:

$$\frac{\partial w}{\partial t}=\sum_k\left\{\frac{\partial}{\partial v_k}\left[\left(\frac{1}{m_k}\sum_l U_{kl}u_l+\frac{f_k}{m_k}v_k\right)w+\sum_l\frac{\partial}{\partial v_l}B_{kl}\,w\right]-\frac{\partial}{\partial u_k}v_k\,w\right\} \qquad [2]$$

для плотности вероятности состояния системы

$$w(t;\ u_1,\ v_1,\ u_2,\ v_2,\ \ldots\ u_N,\ v_N).$$

Коэффициенты B_{kl} (постоянные величины, независящие от координат скоростей и времени) нужно взять такими, чтобы в случае, когда температура системы всюду одна и та же, стационарным решением было бы каноническое распределение

$$w=e^{\frac{\Psi-T-U}{\Theta}}, \qquad [3]$$

где Θ = постоянная Больтцмана $\times$ на абсолютную температуру.

Подставляя [3] в [2] получим:

$$\sum_k\left\{\left(\frac{f_k}{m_k}-\frac{m_k B_{kk}}{\Theta}\right)-\frac{1}{\Theta}\sum_l\left(\frac{f_k}{m_k}\delta_{kl}-\frac{m_k B_{kl}}{\Theta}\right)v_k v_l\right\}=0,$$

откуда следует

$$B_{kl}=\frac{f_k}{m_k^2}\delta_{kl}\Theta.$$

Мы о б о б щ а е м это соотношение для н е изотермической системы, полагая

$$B_{kl}=\frac{f_k}{m_k^2}\delta_{kl}\Theta, \qquad [4]$$

где Θ_k — температура в точке, где находится частица m_k.

Математические ожидания

$$\bar{u}_k=\int u_k\cdot w\cdot du_1\,dv_1\,du_2\ldots dv_k$$

и $\bar{v}_k$ удовлетворяют уравнениям

$$\left.\begin{aligned} m_k\dot{\bar{v}}_k+\sum_l U_{kl}\bar{u}_l+f_k\bar{v}_k&=0,\\ \dot{\bar{u}}_k&=\bar{v}_k \end{aligned}\right\} \qquad [5]$$

т. е. системе уравнений [1] при $K_k(t)=0$.

Квадратичные моменты:

$$P_{kl}=\overline{u_k u_l}-\bar{u}_k\bar{u}_l;\ Q_{kl}=\overline{v_k u_l}-\bar{v}_k\bar{u}_l;\ R_{kl}=\overline{v_k v_l}-\bar{v}_k\bar{v}_l,$$

причем

$$P_{kl}=P_{lk};\ R_{kl}=R_{lk};\ \text{но}\ Q_{kl}\neq Q_{lk},$$

характеризуют величину флуктуаций координат u_k и скоростей v_k и взаимную их связь. Из [2] для этих моментов вытекает следующая система дифференциальных уравнений

$$\dot{P}_{kl}=Q_{kl}+Q_{lk}, \tag{6}$$

$$\dot{Q}_{kl}=-\sum_j \frac{U_{kj}}{m_k}P_{jl}-\frac{f_k}{m_k}Q_{kl}+R_{kl}, \tag{7}$$

$$\dot{R}_{kl}=2B_{kl}-\sum_j\left(\frac{U_{kj}}{m_k}Q_{lj}-\frac{U_{lj}}{m_l}Q_{kj}\right)-\left(\frac{f_k}{m_k}+\frac{f_l}{m_l}\right)R_{kl}. \tag{8}$$

Уравнения [5], [6], [7], [8] можно получить и не пользуясь полным решением уравнения [2]. Для этого это последнее нужно умножить соответственно на u_k, v_k, $u_k u_l$, $v_k v_l$ и проинтегрировать по всем u и v. После преобразования по частям в правой части полученного равенства получим интересующие нас уравнения [5—8].

Для решения системы уравнений [6], [7], [8] мы воспользуемся разложением искомых величин по биортогональной системе чисел $\varphi_k(\rho)$, $\psi_k(\rho)$ — собственных решений следующей алгебраической Eigenwertproblem:

$$-\sum_l \frac{U_{kl}}{m_k}\varphi_l-\frac{f_k}{m_k}\psi_k=i\rho\,\psi_k;\quad \psi_k=i\rho\,\varphi_k. \tag{9}$$

Обозначим через $\Phi_k(\rho)$, $\Psi_k(\rho)$ решения сопряженной системы:

$$-\sum_l \frac{U_{kl}}{m_l}\Psi_l=i\rho\,\Phi_k,\quad \Phi-\frac{f_k}{m_k}\Psi=i\rho\,\Psi_k; \tag{10}$$

здесь ρ — общие обеим системам собственные значения (вообще — комплексные). Решения систем [9] и [10] удовлетворяют при подходящей нормировке условиям биортогональности:

$$\left.\begin{aligned}&\sum_k\{\varphi_k(\rho)\,\Phi_k(\rho')+\psi_k(\rho)\,\Psi_k(\rho')\}=\delta(\rho,\rho')=\begin{cases}0, & \rho\neq\rho'\\ 1, & \rho=\rho'\end{cases}\\ &\sum_\rho \varphi_k(\rho)\,\Phi_l(\rho)=\sum_\rho\psi_k(\rho)\,\Psi_l(\rho)=\delta_{kl};\\ &\sum_\rho\varphi_k(\rho)\,\Psi_l(\rho)=\sum_\rho\psi_k(\rho)\,\Phi_l(\rho)=0.\end{aligned}\right\} \tag{11}$$

Введем величины:

$$X_k(\rho)=\sum_l\{P_{kl}\Phi_l(\rho)+Q_{lk}\Psi_l(\rho)\}, \tag{12}$$

$$Y_k(\rho)=\sum_l\{Q_{kl}\Phi_l(\rho)+R_{kl}\Psi_l(\rho)\}, \tag{13}$$

Тогда в силу [11]:

$$P_{kl}=\sum_{\rho} X_k(\rho)\,\varphi_l(\rho);\quad R_{kl}=\sum_{\rho} Y_k(\rho)\,\psi_l(\rho);$$

$$Q_{kl}=\sum_{\rho} X_l(\rho)\,\psi_k(\rho)=\sum_{\rho} Y_k(\rho)\,\varphi_l(\rho).$$

Помножив [6] на Φ_l, [7] на Ψ_l и сложив, [7] на Φ_l, [8] на Ψ_l, сложив и просуммировав по l, получим для X_k и Y_k более простую систему уравнений, чем для P_{kl}, Q_{kl}, R_{kl}, именно систему:

$$\dot{X}_k=-i\rho\,X_k+Y_k, \qquad [14]$$

$$\dot{Y}_k=i\rho\,Y_k+2B_k-\frac{f_k}{m_k}\,Y_k-\sum_j \frac{U_{kj}}{m_j}\,X_j, \qquad [15]$$

где

$$B_k(\rho)=\sum_l B_{kl}\,\Psi_l(\rho). \qquad [16]$$

§ 3. Рассмотрим сначала бесконечную цепочку. Потенциальную энергию напишем в виде

$$U=\frac{m}{2}\sum_k\{\alpha^2(u_{k+1}-u_k)^2+\beta^2 u_k^2\},$$

т. е.

$$U_{kk}=2m\alpha^2+m\beta^2;\quad U_{k+1,\,k}=-m\alpha^2.$$

Чтобы избежать неопределенности в решении для бесконечной цепочки (возможность однородной деформации) и обеспечить сходимость сумм, мы наряду с энергией, зависящий от относительного смещения, $u_{k+1}-u_k$, ввели член $\frac{m}{2}\beta^2 u_k^2$, зависящий от самого смещения u_k. В конечном результате можно положить $\beta=0$.

Уравнения [9] и [10] обращаются в этом случае в следующие

$$\alpha^2\Delta^2\varphi_{k-1}-\beta^2\varphi_k-\gamma\psi_k=i\rho\psi_k;\quad \psi_k=i\rho\varphi_k; \qquad [17]$$

$$\alpha^2\Delta^2\Psi_{k-1}-\beta^2\Psi_k=i\rho\Phi_k;\quad \Phi_k-\gamma\Psi_k=i\rho\Psi_k, \qquad [18]$$

где

$$\gamma=\frac{f}{m},\quad \Delta^2\Phi_{k-1}=\Phi_{k+1}-2\Phi_k+\Phi_{k-1}.$$

Собственные числа определяются из уравнения:

$$\rho^2-i\gamma\rho-\beta^2-4\alpha^2\sin^2\frac{\sigma}{2}=0, \qquad [19]$$

$$0\leqslant\sigma<2\pi.$$

Двум корням ρ_1 и ρ_2 этого уравнения соответствуют собственные функции:

$$\psi_k(\rho_1)=\frac{e^{-i\sigma k}}{\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}};\quad \varphi_k(\rho_1)=\frac{1}{i\rho_1}\psi_k(\rho_1);$$

$$\Psi_k(\rho_1)=\frac{e^{-i\sigma k}}{\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}};\quad \Phi_k(\rho_1)=(i\rho_1+\gamma)\,\Psi_k(\rho_1), \qquad [20]$$

а для $\psi_k(\rho_2)$ и т. д. выражения получаются из [20] путем обмена ρ_1 и ρ_2.

Заметим что интенсивность света рассеянного участком цепочки $\left(k_0 - \frac{L}{2},\ k_0 + \frac{L}{2}\right)$ пропорциональна:

$$\left| \sum_{k_0 - \frac{L}{2}}^{k_0 + \frac{L}{2}} \left(e^{i\sigma(k+u_k)} - e^{i\sigma k}\right) \right|^2 \simeq \sigma^2 \sum_{k,\, l = k_0 - \frac{L}{2}}^{k_0 + \frac{L}{2}} \overline{u_k u_l}\, e^{i\sigma(k-l)}, \qquad [21]$$

где

$$\sigma = \frac{2\pi a}{\lambda}(\cos\vartheta_0 - \cos\vartheta).$$

Здесь λ — длина волны света, ϑ_0 и ϑ углы падения и рассеяния, a — постоянная цепочки. Принимая во внимание, что $\overline{u_k u_l} = P_{kl}$ (в стационарном состоянии $\bar{u}_k = 0$), и учитывая, что P_{kl} стремится к нулю при возрастании $(k - l)$ получим приближенно:

$$i\sigma \sum_{k,\, l = k_0 - \frac{L}{2}}^{k_0 + \frac{L}{2}} P_{kl}\, e^{i\sigma(k-l)} = i\sigma L\, e^{-i\sigma k_0} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} P_{k_0 l}\, e^{i\sigma l}. \qquad [22]$$

Таким образом, интенсивность света, рассеянного участком вокруг точки k, пропорциональна:

$$I_k = \sum_{l=-\infty}^{+\infty} P_{kl}\, e^{i\sigma(l-k)}.$$

Эту величину легко выразить через величины X_k. Действительно в силу [12] и [20]:

$$X_k(\rho_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} e^{i\sigma l} \{P_{kl}(i\rho_1 + \gamma) + Q_{lk}\},$$

$$X_k(\rho_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} e^{i\sigma l} \{P_{kl}(i\rho_2 + \gamma) + Q_{lk}\};$$

исключая сумму с Q_{lk}, получим:

$$I_k = e^{-i\sigma k} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} P_{kl}\, e^{i\sigma l} = \frac{\sqrt{2\pi}\, e^{-i\sigma k}}{i(\rho_1 - \rho_2)} \left\{ X_k(\rho_1) \sqrt{1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}} - X_k(\rho_2) \sqrt{1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}} \right\}, \qquad [23]$$

причем ρ_1 и ρ_2 корни уравнения [19], где σ имеет значение [21].

При стационарности и если температура изменяется в пространстве по закону:

$$\Theta_k = \Theta_0 + \frac{\Gamma}{\rho} \sin pk, \qquad [24]$$

получим в силу [14], [15] и [16] (для $\rho = \rho_1$)

$$Y_k + i\rho_1 X_k = 0, \qquad [25]$$

$$-\alpha^2 \Delta^2 X_{k-1} + \beta^2 X_k + (\gamma - i\rho_1) Y_k = \frac{2\gamma\, e^{i\sigma k}}{m\sqrt{2\pi\left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}} \left(\Theta_0 + \frac{\Gamma}{\rho} \sin pk\right), \qquad [26]$$

и аналогичную систему для $\rho = \rho_2$.

Исключая Y_k, получим:

$$\Delta^2 X_{k-1} + \varkappa_1^2 X = -\frac{2\gamma e^{i\sigma k}}{m\alpha^2\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}\left(\Theta_0 + \frac{\Gamma}{\rho}\sin pk\right), \qquad [27]$$

где

$$\varkappa_1^2 = \frac{1}{\alpha^2}(\rho_1^2 + i\rho_1\gamma - \beta^2).$$

Поскольку нам нужно решение уравнения [27] только для $\sigma \ll L$ (сравни [21]), мы можем заменить решение этого уравнения в конечных разностях решением соответствующего дифференциального уравнения:

$$\frac{d^2 X_k}{dk^2} + \varkappa_1^2 X_k = -\frac{2\gamma e^{i\sigma k}}{m\alpha^2\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}\left(\Theta_0 + \frac{\Gamma}{\rho}\sin pk\right). \qquad [28]$$

При этом [19] теперь можно заменить на

$$\rho^2 - i\gamma\rho - \beta^2 - \alpha^2\sigma^2 = 0.$$

Решение уравнения [28] имеет вид:

$$X_k(\rho_1) = -\frac{e^{i\sigma k}}{im\rho_1\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}\left\{\Theta_0 + \frac{\Gamma}{p}\cdot\frac{\left(1 - \frac{p^2\alpha^2}{4i\mu\rho_1}\right)\sin pk + \frac{p\sigma\alpha}{2i\mu\rho_1}\cos pk}{1 + \frac{p^2\sigma^2\alpha^2}{4\mu^2\rho_1^2} - \frac{p^4\alpha^2}{16\mu^2\rho_1^2} + \frac{ip^2\alpha}{2\mu\rho_1}}\right\}.$$

Здесь $\mu = \frac{\gamma}{2\alpha}$ — коэффициент затухания акустических волн. Предполагая, что затухание акустических волн на длине одной световой волны очень мало, $\mu \ll \sigma$, и что период распределения температуры велик по сравнению с длиной световой волны, $p \ll \sigma$, принимая во внимание, что (при достаточно малом β) в этом случае приближенно $\rho_1 = -\rho_2 = \sigma\alpha$, получим, пренебрегая малыми членами:

$$X_k(\rho_1) = -\frac{e^{i\sigma k}}{im\rho_1\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}\left\{\Theta_0 + \frac{\Gamma}{p}\cdot\frac{\sin pk + \frac{p\sigma}{2\mu\rho_1}\cos pk}{1 + \frac{p^2}{4\mu^2}}\right\}; \qquad [29]$$

аналогичное выражение получится для $X_k(\rho_2)$.

Отсюда пользуясь [23]:

$$I_k = \frac{1}{m\alpha^2\sigma^2}\left(\Theta_0 + \frac{\Gamma}{p}\cdot\frac{\sin pk}{1 + \frac{p^2}{4\mu^2}}\right). \qquad [30]$$

Таким образом, амплитуда колебаний интенсивности рассеянного света в пространстве в $1 + \frac{p^2}{4\mu^2}$ раз меньше амплитуды колебаний температуры. Величина эффекта тем больше, чем меньше затухание акустических волн на длине одного пространственного периода температуры. Полагая $p \to \infty$, можно перейти к линейному распределению температуры по бесконечной цепочке в этом случае (при $\mu \neq 0$):

$$I_k = \frac{1}{m\alpha^2\sigma^2}(\Theta_0 + \Gamma k), \qquad [31]$$

т. е. интенсивность света соответствует температуре в данной точке.

§ 4. Перейдем к случаю ограниченной цепочки. Здесь результат зависит от того, как происходит тепловой обмен у концов кристалла с окружающими ее телами. Мы будем предполагать, что температура изменяется линейно:

$$\Theta_k = \Theta_0 + \Gamma k.$$

В этом случае внутри цепочки удовлетворяются те же уравнения [17] и и [18], на концах же

$$i\rho\varphi_0 = \psi_0; \quad i\rho\psi_0 = -(2\alpha^2 + \beta^2)\varphi_0 - \alpha^2\varphi_1 - \gamma_0\psi_0, \tag{32}$$

$$i\rho\Phi_0 = -(2\alpha^2 + \beta^2)\Psi_0 + \alpha^2\Psi_1, \quad i\rho\Psi_0 = \Phi_0 - \gamma_0\Psi_0 \tag{33}$$

и аналогичные условия для $k = N$.

Здесь $\gamma_0 = \gamma_N$ коэффициент трения крайних частиц цепочки, отличный от γ.

Мы рассмотрим только предельный случай $\gamma_0 = \infty$, соответствующий идеальному тепловому обмену кристалла с окружающими телами. В этом случае условия [32], [33] обращаются в

$$\psi_0 = \psi_N = \varphi_0 = \varphi_N = 0, \quad \Psi_0 = \Psi_N = 0. \tag{33'}$$

Биортогональная система функций, соответствующая системе [17], [18] [33'] имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} &\psi_k(\rho_1) = \sqrt{\frac{2}{N\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}\cdot\sin\sigma k, \quad \varphi_k(\rho_1) = (\gamma + i\rho_1)\,\psi_k(\rho_1), \\ &\Psi_k(\rho_1) = \psi_k(\rho_1), \end{aligned}\right\} \tag{34}$$

и при $k \neq 0, N$:

$$\Phi_k(\rho_1) = \varphi_k(\rho_1).$$

Выражения для $\psi_k(\rho_2)$ и т. д. получаются путем перестановки в предыдущих ρ_1 и ρ_2.

При этом ρ_1 и ρ_2 попрежнему корни уравнения [9], но σ пробегает значения $\sigma = \frac{\pi}{N}, \frac{2\pi}{N}, \ldots \frac{N-1}{N}\pi$.

Уравнения для X_k и Y_k в силу [14], [15] и [16] и [4] имеют вид:

$$\left.\begin{aligned} &i\rho_1 X_k + Y_k = 0, \\ &-\alpha^2\Delta^2 X_{k-1} + \beta^2 X_k + (\gamma - i\rho_1)\,Y_k = \frac{2^{3/2}\gamma\sin\sigma k}{m\sqrt{N\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}(\Theta_0 + \Gamma k), \end{aligned}\right\} \tag{35}$$

$$X_0 = X_N = Y_0 = Y_N = 0. \tag{36}$$

Исключая Y_k, получим:

$$\Delta^2 X_{k-1} + \varkappa_1^2 X_k = \frac{2^{3/2}\gamma\sin\sigma k}{m\sqrt{N\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}(\Theta_0 + \Gamma k). \tag{37}$$

Заменяя опять разности на производные:

$$\frac{d^2 X_k}{dk^2} + \varkappa_1^2 X_k = \frac{2^{3/2}\gamma\sin\sigma k}{m\sqrt{N\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}(\Theta_0 + \Gamma k). \tag{38}$$

Решение этого уравнения при граничных условиях [36] имеет вид:

$$X_k(\rho_1) = -\frac{\sqrt{2}}{i\rho_1 m\alpha\sqrt{N\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}}\left\{(\Theta_0+\Gamma k)\sin\sigma k + \right.$$

$$\left. + \frac{\alpha\sigma\Gamma}{4i\mu\rho_1}\left[\left(1-\frac{\operatorname{ch} 2\mu\left(k-\frac{N}{2}\right)}{\operatorname{ch}\mu N}\right)\cos\sigma k - i\,\frac{\operatorname{sh} 2\mu\left(k-\frac{N}{2}\right)}{\operatorname{ch}\mu N}\sin\sigma k\right]\right\}. \quad [39]$$

При этом мы приняли во внимание, что $\mu \ll \sigma$ и отбросили малые в силу этого условия члены. Кроме того здесь уже положено $\beta = 0$. Выражение для $X_k(\rho_2)$ получается заменой ρ_1 и ρ_2. Чтобы перейти к интенсивности I_k рассеянного света, заметим, что (ср. стр. 101)

$$\sum_{k_0\, l=k_0-\frac{L}{2}}^{k_0+\frac{L}{2}} P_{kl}\, e^{i\sigma(k-1)} \simeq L\left\{\sin\sigma k_0 \sum_{l=0}^{N} P_{k_0 l}\sin\sigma l + \cos\sigma k_0 \sum_{l=0}^{N} P_{k_0 l}\cos\sigma l\right\}. \quad [40]$$

Предполагая, что изменение температуры на протяжении одной световой волны очень мало, можно во второй сумме справа в [40] заменить P_{kl} на $P_{k+d,\ l+d}$, где $d = \frac{\pi}{2\sigma} = \frac{\lambda}{4a(\cos\vartheta_0 - \cos\vartheta)}$ (такая замена соответствует смещению на расстояние порядка λ). Тогда вторая сумма обращается в

$$\sum_{l=1}^{N} P_{k+d,\ l+d}\cos\sigma l = \sum_{h=1}^{N} P_{k+d,\ h}\sin\sigma h$$

и сводится, таким образом, к первой сумме. Обозначая $\sum P_{kl}\sin\sigma l$ через Z_k, получим:

$$I_k = \sin\sigma k\, Z_k + \cos\sigma k\, Z_{k+d}. \quad [41]$$

Чтобы найти выражение Z_k, поступаем совершенно так же, как на стр. 102, заменяя только систему функций [20] на [34], и находим

$$Z_k = \frac{\overline{N}/2}{i(\rho_1-\rho_2)}\left\{X_k(\rho_1)\sqrt{1-\frac{\rho_2}{\rho_1}} - X_k(\rho_2)\sqrt{1-\frac{\rho_1}{\rho_2}}\right\}. \quad [42]$$

Пользуясь уравнениями [41] и [42], получим:

$$I_k = \frac{1}{m\alpha^2\sigma^2}\left\{\Theta_0 + \Gamma\left(k - \frac{\operatorname{sh} 2\mu\left(k-\frac{N}{2}\right)}{2\mu\operatorname{ch}\mu N}\right)\right\}. \quad [43]$$

Таким образом, в этом случае рассеяние не соответствует температуре $\Theta_0 + \Gamma_k$ в точке k. Наибольшая разница получается на концах кристалла, отношение ее к всему падению интенсивности на всем кристалле равно:

$$\frac{\operatorname{Th}\mu N}{2\mu N}.$$

На первый взгляд кажется, что этот результат противоречит прежде полученному [32] для бесконечной решетки. Разницу, однако, легко уяснить, если принять во внимание, что в только что рассмотренном конечном кристалле играет роль отражение упругих волн от его границ.

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова
Академии Наук СССР.
Москва.

Поступило
21 XI 1934.

PHYSIK

ZUR THEORIE DER MOLEKULAREN LICHTDISPERSION IM UNGLEICHMÄSSIG ERHITZTEN KRISTALLE

Von M. LEONTOVIČ (LEONTOWITSCH)

(Vorgelegt von L. Mandelstam, Mitglied der Akademie, d. 21. XI. 1934)

§ 1. In der Arbeit von L. Mandelstamm* wurde darauf hingewiesen, dass die Intensität der molekularen Lichtdispersion durch einen ungleichmässig erhitzten Kristall nicht nur von der Temperatur im dispergierenden Volumen bestimmt wird, sondern auch von der Temperaturverteilung im ganzen Körper abhängt. Dort wurde gezeigt, dass diese Erscheinung um so schroffer auftreten muss, je geringer der Absorptionskoeffizient für Schallwellen derjenigen Wellenlängen Λ ist, die die Lichtdispersion in der gegebenen Richtung bestimmen ($2\Lambda \sin\frac{\vartheta}{2}=\lambda$), wo λ die Länge der Lichtwellen bedeutet).

Die Aufgabe der vorliegenden, auf einen Vorschlag von L. Mandelstamm hin ausgeführten Arbeit besteht in einer orientierenden Berechnung, die Feststellung der Grösse des Effektes in Abhängigkeit vom Absorptionskoeffizienten und der Temperaturverteilung ermöglichte. Um eine quantitative Theorie der Erscheinung aufzustellen, muss man den Energieumsatz zwischen den langen Schallwellen und denjenigen „inneren Freiheitsgraden" (Kurzwellen, der Bornsche Teil des elastischen Spektrums) in Betracht ziehen, deren Energie die auf gewöhnlichem Wege gemessene Temperatur des Körpers bestimmt. Wir werden die Berechnung eines Modells durchführen, das, wie mir scheint, die wesentlichsten Eigenschaften der uns interessierenden Erscheinung widerspiegelt. Wir werden nämlich die Brownsche Bewegung einer eindimensionalen Kette von untereinander elastisch verbundenen Teilchen betrachten, und zwar eine Bewegung, die in einem Widerstand leistenden Medium unter Vorkommen zufälliger Stösse vor sich geht. Wir nehmen an, dass die Temperatur des Mediums (das die „inneren Freiheitsgrade" darstellt), sich von einem Punkt der Kette zum anderen hin verändert. Der Reibungskoeffizient der Teilchen (und der ihm entsprechende Absorptionskoeffizient für elastische Wellen) und die damit verbundenen Grössen B_{kl} [2], welche das Mass der Lebhaftigkeit der Stösse bedeuten, bestimmen die Grösse des Wärmeumsatzes zwischen den elastischen Schwingungen und dem Medium.

Bei der Lösung der Aufgabe bedienen wir uns der in der Theorie der Brownschen Bewegung üblichen Methoden der Theorie der zufälligen Prozesse (Gleichung Einstein-Fokker). Wir bemerken, dass die hier angewandte Methode die Berechnung auch für ein vollkommeneres Modell (3 Dimensionen, Berücksichtigung der Abhängigkeit des Absorptionskoffizienten von der Frequenz) zulässt. Man könnte den festen Körper auch als ein Kontinuum (nach Debaye) betrachten. Wir wollen uns aber auf das erwähnte einfachste Modell und auf die einfachsten Fälle der Temperaturverteilung beschränken.

§ 2. Die Gleichung der Bewegung ein es Systems mit der potenziellen Energie

$$U=\frac{1}{2}\sum_{kl} U_{kl}\, u_k u_l$$

* L. Mandelstamm. C. R. Acad. Sci. URSS, 1934. Bd. II, p. 219.

** Die Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf die entsprechenden Formeln im russischen Text.

mit der kinetischen Energie

$$T=\frac{1}{2}\sum_k m_k v_k^2,$$

mit der dissipativen Funktion

$$F=\frac{1}{2}\sum f_k v_k^2$$

erhält in Gegenwart äusserer Kräfte $K_k(t)$ hat die Form [1].

Hier bedeutet u_k die Verschiebung, v_k die entsprechenden Geschwindigkeiten. In den Kräften $K_k(t)$ müssen die „Stösse" des Mediums gegen unser System berücksichtigt sein. Wir gehen zur statistischen Behandlung der Aufgabe über und nehmen, wie es in der Theorie der Brownschen Bewegung üblich ist, an, dass die Kräfte $K_k(t)$ zufallige Funktionen der Zeit sind, und zwar solche, dass die Impulse dieser Kräfte $\int K_k(t)\,dt$ in verschiedenen Zeitabschnitten statistisch von einander unabhängig sind. Dann ist die Aufgabe äquivalent derjenigen, die zur Gleichung von Einstein-Fokker [2] führt für die Wahrscheinlichkeitsdichte des Zustandes des Systems

$$w\,(t;\, u_1, v_1, u_2, v_2, \ldots u_N, v_N).$$

Die Koeffizienten B_{kl} (konstante von den Koordinaten der Zeit und der Geschwindigkeiten unabhängige Grössen) muss man so wählen, dass im Falle, wenn die Temperatur überall ein und dieselbe ist, folgende kanonische Verteilung als stationäre Lösung betrachtet werden kann [3], wo Θ = der Konstante von Boltzmann × die absolute Temperatur.

Indem wir [3] in [2] einsetzen erhalten wir:

$$\sum_k \left\{\left(\frac{f_k}{m_k}-\frac{m_k B_{kk}}{\Theta}\right)-\frac{1}{\Theta}\sum_i\left(\frac{f_k}{m_k}\delta_{kl}-\frac{m_k B_{kl}}{\Theta}\right)v_k v_l\right\}=0,$$

woraus folgt

$$B_{kl}=\frac{f_k}{m_k^2}\delta_{kl}\,\Theta.$$

Wir verallgemeinern dieses Verhältnis auf ein nicht isometrisches System indem wir [4] setzen, wo Θ_k die Temperatur im Punkte, wo sich das Teilchen m_k befindet, bedeutet.

Die mathematischen Erwartungen

$$\bar{u}_k=\int u_k\cdot w\cdot du_1\,dv_1\,du_2\ldots dv_k$$

und $\bar{v}_k$ genügen den Gleichungen [5] d. h. dem Gleichungssystem [1] bei $K_k(t)=0$.

Die quadratischen Momente:

$$P_{kl}=\overline{u_k u_l}-\bar{u}_k\bar{u}_l;\; Q_{kl}=\overline{v_k u_l}-\bar{v}_k\bar{u}_l;\; R_{kl}=\overline{v_k v_l}-\bar{v}_k\bar{v}_l,$$

$$(\text{wobei } P_{kl}=P_{lk};\; R_{kl}=R_{lk}, \text{ aber } Q_{kl}\neq Q_{lk}),$$

charakterisieren die Fluktuationsgrössen der Koordinaten u_k und der Geschwindigkeiten v_k und ihre gegenseitige Abhängigkeit. Aus [2] folgt für diese Momente das System von Differenzialgleichungen [6], [7], [8].

Die Gleichungen [5], [6], [7], [8] kann man erhalten auch ohne die vollständige Lösung der Gleichung [2] zu benutzen. Zu diesem Zweck muss man diese Gleichung entsprechend mit u_k, v_k, $u_k u_l$, $v_k u_l$, $v_k v_l$ multiplizieren und nach allen u und v integrieren. Nach stückweiser Umformung

im rechten Teil der erhaltenen Gleichung kommen wir zu den uns interessierenden Gleichungen [5—8].

Für die Lösung des Systems der Gleichungen [6], [7], [8] werden wir Entwicklung der gesuchten Grössen nach dem biorthogonalen System der Zahlen $\varphi_k(\rho)$, $\psi_k(\rho)$ — der Eigenlösungen des algebraischen Eigenwertproblems [9] anwenden.

Wir bezeichnen mit $\Phi_k(\rho)$, $\Psi_k(\rho)$ die Lösungen des konjugierten Systems [10].

Hier bedeuten die ρ die beiden Systemen gemeinsamen Eigenwerte (im allgemeinen komplex). Die Lösungen der Systeme [9] und [10] genügen bei entsprechender Normierung den Bedingungen der Biorthogonalität [11].

Wir führen die Grössen [12], [13] ein.

Dann ist auf Grund von [11]:

$$P_{kl}=\sum_{\rho} X_k(\rho)\varphi_l(\rho); \quad R_{kl}=\sum_{\rho} Y_k(\rho)\psi_l(\rho);$$

$$Q_{kl}=\sum_{\rho} X_l(\rho)\psi_k(\rho)=\sum_{\rho} Y_k(\rho)\varphi_l(\rho).$$

Wenn wir [6] mit Φ_l, [7] mit Ψ_l multiplizieren und addieren, [7] mit Φ_l und [8] mit Ψ_l multiplizieren und addieren und nach l summieren, erhalten wir für X_k und Y_k ein einfacheres System der Gleichungen als für P_{kl}, Q_{kl}, R_{kl} und zwar das System [14], [15], wo [16] gilt.

§ 3. Wollen wir zunächst die unendliche Kette betrachten. Die potentielle Energie stellen wir in folgender Form dar:

$$U=\frac{m}{2}\sum_{k}\{\alpha^2(u_{k+1}-u_k)^2+\beta^2 u_k^2\},$$

d. h.

$$U_{kk}=2m\alpha^2+m\beta^2; \quad U_{k+1,\,k}=-m\alpha^2.$$

Um Unbestimmtheit der Lösung für die unendliche Kette zu vermeiden (Möglichkeit homogener Deformation) und die Konvergenz der Summen zu sichern, haben wir zugleich mit der von relativer Verschiebung abhängigen Energie $u_{k+1}-u_k$ ein von der absoluten Verschiebung u_k abhängiges Glied $\frac{m}{2}\beta^2 u_k^2$ eingeführt. Im Endresultat kann man dann $\beta=0$ setzen.

Die Gleichungen [9] und [10] verwandeln sich in diesem Falle in [17], [18], wo

$$\gamma=\frac{f}{m}, \quad \Delta^2\Phi_{k-1}=\Phi_{k+1}-2\Phi_k+\Phi_{k-1}.$$

Die Eigenwerte werden aus der Gleichung [19] bestimmt.

Den beiden Wurzeln ρ_1 und ρ_2 der Gleichung entsprechen die Eigenfunktionen [20] und für $\psi_k(\rho_2)$ u. s. w. werden die Werte aus [20] durch Umsetzung von ρ_1 und ρ_2 gewonnen.

Wir bemerken, dass die Intensität des von der Kettenstrecke $\left(k_0-\frac{L}{2},\ k_0+\frac{L}{2}\right)$ dispergierten Lichtes proportional [21] ist, wo

$$\sigma=\frac{2\pi a}{\lambda}(\cos\vartheta_0-\cos\vartheta).$$

Hier bedeutet λ die Länge der Lichtwelle, ϑ_0 und ϑ den Einfallswinkel und den Dispersionswinkel, a die Konstante der Kette. Indem wir in Betracht

ziehen, dass $\overline{u_k u_l} = P_{kl}$ (im stationaren Zustande ist $\bar{u}_k = 0$) und weiterhin, dass P_{kl} bei Anwachsen von $|k-l|$ der Null zustrebt, erhalten wir näherungsweise

$$i\sigma \sum_{k,\, l=k_0-\frac{L}{2}}^{k_0+\frac{L}{2}} P_{kl}\, e^{i\sigma(k-l)} = i\sigma L\, e^{-i\sigma k_0} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} P_{k_0 l}\, e^{i\sigma l}.$$

Somit ist die Intensität des von einem den Punkt k umgebenden Gebiete dispergierten Lichts proportional

$$I_k = \sum_{l=-\infty}^{+\infty} P_{kl}\, e^{i\sigma(l-k)}.$$

Diese Grösse kann man leicht durch die Grössen X_k ausdrücken. Tatsächlich ist auf Grund von [12] und [20]

$$X_k(\rho_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} e^{i\sigma l} \{P_{kl}(i\rho_1 + \gamma) + Q_{lk}\}$$

$$X_k(\rho_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} e^{i\sigma l} (P_{kl}(i\rho_2 + \gamma) + Q_{lk}\}.$$

Wenn wir die Summe mit Q_{lk} eliminieren, erhalten wir [23], wobei ρ_1 und ρ_2 die Wurzeln der Gleichung [19] sind, wo σ den Wert von [21] hat.

Bei stationarem Zustand und bei der Temperaturveränderung im Raume nach dem Gesetz [24] erhalten wir aus [14], [15] und [16] (für $\rho = \rho_1$) [25], [26] und ein analoges System für $\rho = \rho_2$.

Wenn wir Y_k eliminieren, erhalten wir [27], wo

$$\varkappa_1^2 = \frac{1}{\alpha_2}(p_1^2 + i\rho_1\gamma - \beta^2).$$

Insofern wir die Lösung der Gleichung [27] nur für $\sigma \ll 1$ (vergleich [21]) brauchen, können wir die Lösung dieser Gleichung in endlichen Differenzen durch die Lözung der entsprechenden Differentialgleichung ersetzen [28].

Dabei kann man jetzt [19] ersetzen durch

$$\rho^2 + i\gamma\rho - \beta^2 - \alpha^2\sigma^2 = 0.$$

Die Lösung der Gleichung [28] hat folgende Form:

$$X_k(\rho_1) = -\frac{e^{ik\sigma}}{im\rho_1\sqrt{2\pi\left(1-\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)}} \left\{\Theta_0 + \frac{\Gamma}{p} \cdot \frac{\left(1-\frac{p^2\alpha^2}{4i\mu\rho_1}\right)\sin pk + \frac{p\sigma\alpha}{2i\mu\rho_1}\cos pk}{1 + \frac{p^2\sigma^2\alpha^2}{4\mu^2\rho_1^2} - \frac{p^4\alpha^2}{16\mu^2\rho_1^2} + \frac{ip^2\alpha}{2\mu\rho_1}}\right\}.$$

Hier ist $\mu = \frac{\gamma}{2\alpha}$ der Abklingungskoeffizient der Schallwellen. Wir nehmen an, dass das Abklingen der Schallwellen auf der Länge einer Lichtwelle sehr gering ist, $\mu \ll \sigma$, dass die Periode der Temperaturverteilung im Vergleich zur Länge der Lichtwelle gross ist, $p \ll \sigma$; ausserdem ziehen wir in Betracht, dass (bei einem genügend kleinem β) in diesem Falle angenähert $\rho_1 = -\rho_2 = \sigma\alpha$, dann erhalten wir, indem wir von den kleinen Gliedern absehen, die Gleichung [29]; ein analoger Ausdruck wird sich auch für $X_k(\rho_2)$ ergeben.

Daraus unter Benutzung von [23] folgt [30].

Somit ist die Amplitude der Intensitätschwankungen des dispergierten Lichtes im Raume $1+\frac{p^2}{4\mu^2}$ mal kleiner als die Amplitude der Temperaturschwankungen.

Die Grösse des Effektes ist um so bedeutender, je geringer das Abklingen der Schallwellen auf der Länge einer räumlichen Periode der Temperaturverteilung ist. Indem wir $p \to \infty$ setzen, können wir zur linearen Verteilung der Temperatur längs der unendlichen Kette übergehen. In diesem Falle (bei $\mu \neq 0$) findet [31] statt, d. h. die Intensität des Lichtes entspricht der Temperatur im gegebenen Punkt.

§ 4. Wir gehen über zum Fall der endlichen Kette. Hier hängt das Resultat davon ab, wie der Wärmeumsatz an den Enden des Kristalles mit den sie umgebenden Körpern erfolgt. Wir nehmen an, dass die Temperatur sich linear verändert:

$$\Theta_k = \Theta_0 + \Gamma k.$$

In diesem Falle wird innerhalb der Kette denselben Gleichungen [17] und [18] genügt. An den Enden aber gelten [32], [33] und die analogen Bedingungen für $k = N$.

Hier ist $\gamma_0 = \gamma_N$ der Reibungskoeffizient der äussersten Teilchen der Kette, von γ verschieden.

Wir wollen nur den Grenzfall $\gamma_0 = \infty$ betrachten, der dem idealen Wärmeumsatz des Kristalls mit den umgebenden Körpern entspricht. In diesem Falle verwandeln sich die Bedingungen [32], [33] in [33′].

Das biorthogonale System der Funktionen, das dem System [17], [18], [33′] entspricht, hat die Form [34].

Die Ausdrücke für $\psi_k(\rho_2)$ u. s. w. erhält man durch Umsetzung in den vorhergehenden von ρ_1 und ρ_2.

Dabei sind ρ_1 und ρ_2, wie früher, Wurzeln der Gleichung [9], aber σ erhält fortlaufend die Werte

$$\sigma = \frac{\pi}{N}, \frac{2\pi}{N}, \cdots \frac{N-1}{N}\pi.$$

Die Gleichungen für X_k und Y_k haben auf Grund von [14], [15], [16] und [4] die Form [35], [36].

Wir eliminieren Y_k und erhalten [37].

Indem wir wieder die Differenzen durch die Ableitungen ersetzen, haben wir [38].

Die Lösung dieser Gleichung bei den Grenzbedingungen [36] hat die Form [39].

Dabei haben wir berücksichtigt, dass $\mu \ll \sigma$, und die kraft dieser Bedingung kleinen Glieder bei Seite gelassen. Ausserdem ist hier schon $\beta = 0$ gesetzt. Der Ausdruck $X_k(\rho_2)$ wird durch Umsetzung von ρ_1 und ρ_2 erhalten. Um zur Intensität I_k des dispergierten Lichtes überzugehen, vermerken wir, dass (vergl. S. 108) [40] gilt.

Nimmt man an, dass die Temperaturveränderung auf der Ausdehnung einer Lichtwelle sehr gering ist, kann man in der zweiten Summe von rechts in [40] P_{kl} durch $P_{k+d,\, l+d}$ ersetzen, wobei $d = \frac{\pi}{2\sigma} = \frac{\lambda}{4a(\cos\vartheta_0 - \cos\vartheta)}$

(eine derartige Ersetzung entspricht einer Verschiebung um einen Abstand von der Grössenordnung von λ). Dann verwandelt sich die zweite Summe in:

$$\sum_{l=1}^{N} P_{k+d,\,l+d} \cos \sigma l = \sum_{h=1}^{N} P_{k+d,\,h}, \sin \sigma h$$

und wird somit auf die erste Summe zurückgeführt. Wenn wir $\sum P_{kl} \sin \sigma l$ durch Z_k bezeichnen, erhalten wir [41].

Um den Ausdruck Z_k zu erhalten, verfahren wir ebenso wie auf Seite 103, indem wir nur das System der Funktionen [20] durch [34] ersetzen und erhalten [42].

Indem wir die Gleichungen [41] und [42] benutzen, erhalten wir [43].

Somit entspricht in diesem Falle die Dispersion nicht der Temperatur $\Theta_0 + \Gamma_k$ im Punkte k. Die grösste Differenz ergibt sich an den Enden des Kristalls. Ihr Verhältnis zum Sinken der Intensität im ganzen Kristall ist gleich:

$$\frac{Th\,\mu N}{2\mu N}.$$

Auf den ersten Blick widerspricht dieses Resultat scheinbar der früher für das unendliche Gitter erhaltenen [32]. Die Diskrepanz lässt sich leicht erklären, wenn man berücksichtigt, dass in dem eben betrachteten endlichen Kristall die Reflexion der elastischen Wellen von seinen Grenzen eine Rolle spielt.

Stekloff'sches physikalisch-mathematisches Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Moskau.

Eingegangen d. 21. XI. 1934.

ГЕОФИЗИКА

Н. ДОБРОТИН, И. ФРАНК и П. ЧЕРЕНКОВ

НАБЛЮДЕНИЯ СВЕЧЕНИЯ НОЧНОГО НЕБА МЕТОДОМ ГАШЕНИЯ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 4 XII 1934*)

Ночное небо излучает, кроме света звезд, слабое свечение, в котором присутствует зеленая линия полярного сияния (5577.3 Å). Эта линия принадлежит атомному кислороду и соответствует запрещенному переходу $^1S_0 - {}^1D_2$. Наблюдения показывают, что интенсивность зеленой линии испытывает сложные периодические изменения [1, 2, 3, 4, 5]. Однако, имеющийся экспериментальный материал позволяет судить лишь об общем характере изменения интенсивности. Более детальное изучение процесса свечения неба требует, прежде всего, введения новых, более точных, методов фотометрии.

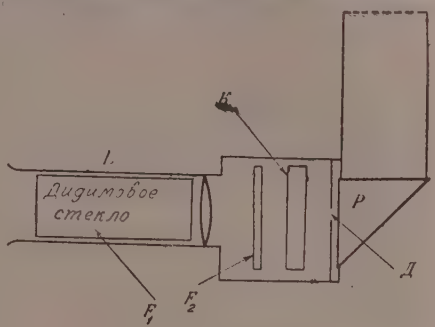
В последнее время был разработан метод, позволяющий количественно измерять чрезвычайно малые интенсивности видимого света [6]. Этот метод основан на постоянстве (для данного наблюдателя) порога зрительного раздражения адаптированного к темноте глаза и носит название метода гашения.

Измерения свечения ночного неба этим методом были выполнены в августе 1934 г. экспедицией Академии Наук СССР, работавшей на

склонах Эльбруса (Кавказ). Местом наблюдения был выбран расположенный на высоте 3200 м Кругозор Эльбруса (43°17′ с. ш.; 42°28′ в. д).

Схема применявшегося фотометра дана на фиг. 1. Свет от фотометрируемого участка неба через призму P полного внутреннего отражения попадает на круглую диафрагму D, ограничивающую поле зрения (диаметр отверстия диафрагмы 4 мм). Диафрагма рассматривалась через окуляр L, расположенный так, что отверстие диафрагмы представлялось в виде резко ограниченного светлого кружка. Между диафрагмой и окуляром помещался нейтрально-серый клин K, которым свет ослаблялся до порога зрения. Нужная спектральная область выделялась фильтрами F_1 и F_2.

Чтобы избежать колебаний интенсивности звездного фона, вызываемых прохождением через поле зрения фотометра ярких звезд, измерения производилось вблизи полюса мира на 3° ниже полярной звезды. Сама полярная звезда находилась при этом вне поля зрения (угловой диаметр поля зрения 5°). Высота пункта наблюдения обеспечивала хорошие условия в отношении прозрачности воздуха. Наблюдения производились только в совершенно ясные ночи. Для исключения из результатов измерений величины порога зрения, а тем более влияния возможных изменений чувствительности глаза, параллельно с измерениями свечения тем же методом измерялась яркость постоянного источника света — кристаллика урановой соли, самосветящейся вследствие своей радиоактивности. Таким образом, измеряемая яркость сравнивалась со свечением эталона. Наконец, чтобы полностью исключить субъективный элемент, наблюдения всегда производились независимо друг от друга двумя наблюдателями. Результаты оказались полностью совпадающими.



Фиг. 1. — Fig. 1.

Для выделения зеленой линии свечения неба употреблялся специальный фильтр, предложенный Рэлеем (7), пропускающий область длин волн от 5450 Å до 5700 Å с максимумом пропускания, как раз захватывающим эту линию. Параллельно с зеленой линией производились измерения суммарного света неба (без фильтра).

В табл. 1 даны результаты наблюдений с фильтром для трех ночей.

Таблица 1 — Table 1

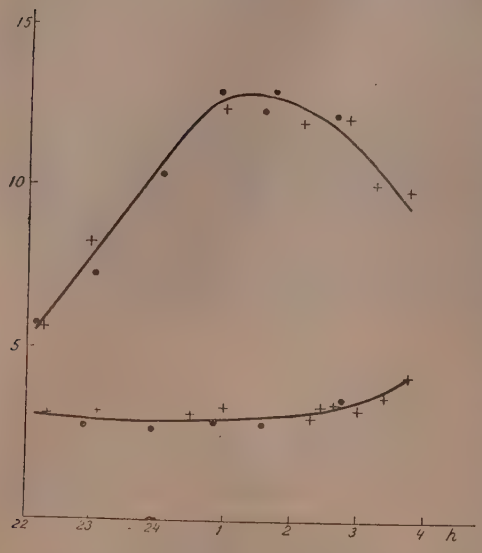
6 VIII— 7 VIII	22^{10}	28^{00}	24^{00}	0^{50}	1^{30}	1^{40}	2^{35}
	5.8	7.3	10.4	12.9	12.3	12.9	12.2
13 VIII—14 VIII	22^{15}	22^{55}	0^{55}	2^{05}	2^{45}	3^{15}	3^{40}
	5.9	8.3	12.3	12.0	12.1	10.2	10
14 VIII—15 VIII	23^{40}	0^{45}	1^{05}	1^{55}	2^{50}	3^{35}	
	4.7	7.3	9.8	10.1	11.8	10.1	

Время в таблице дано местное, средне-солнечное; яркость отнесена к средней величине порога зрения одного из наблюдателей.

Табл. 2 дает, в тех же единицах, измерения без фильтра для тех же ночей.

Таблица 2 — Table 2

6 VIII— 7 VIII	22^{50}	23^{55}	0^{55}	1^{35}	2^{45}					
	278	264	286	287	361					
13 VIII—14 VIII	22^{20}	23^{07}	0^{30}	1^{00}	2^{20}	2^{30}	2^{40}	3^{00}	3^{25}	3^{45}
	310	321	307	328	309	338	349	326	364	428
14 VIII—15 VIII	23^{45}	0^{50}	2^{00}	2^{55}						
	324	302	349	380						



Фиг. 2. — Fig. 2.

Результаты первых двух ночей, для которых яркость свечения неба примерно одинакова, представлены на фиг. 2 графически. Верхняя кривая относится к наблюдениям с фильтром, нижняя — к наблюдениям суммарного света. Масштаб во втором случае в 100 раз меньше. Верхняя кривая имеет отчетливый ход интенсивности в течение ночи; для нижней кривой он выражен слабо. Отсюда видно, что ход интенсивности при наблюдении фильтром вызван изменением интенсивности самой зеленой линии, а не колебаниями прозрачности воздуха или изменением фона.

Для разделения этих обоих составляющих света неба необходимо знать, во сколько раз ослабляет каждую из них применявшийся фильтр. При этом можно воспользоваться данными Дюфея ([8]), который нашел, что распределение энергии в спектре фона примерно соответствует солнечному. Подсчет показывает, что ослабление зеленым фильтром различных источников белого света мало зависит от их цветовой температуры. Экспериментально это было проверено: a) для лампы белого света, b) для света зари, c) для света ночного неба. В последнем случае измерения производились с яркой звездой в поле зрения фотометра и без яркой звезды. Иными словами, фотометрировалось небо с различным количеством звездного света.

Все эти три метода дали близкие результаты, из которых следует, что применявшийся нами фильтр ослаблял фон примерно в 100 раз. С другой стороны, кривая пропускания фильтра показывает, что зеленую линию свечения неба он ослабляет в 4 раза. Отсюда, сопоставляя оба ряда фотометрических наблюдений, находим соотношение яркостей фона и зеленой компоненты свечения неба.

Таким образом получаем, что свет зеленой линии составляет от 4% в начале ночи до 12% в середине ночи от общего света неба, наблюдаемого адаптированным глазом. Этот результат хорошо совпадает с данными Релея, который нашел, что это отношение равно 7% (9).

Относительный ход интенсивности зеленой линии дается разностью ординат двух кривых фиг. 2. В максимуме интенсивность зеленой линии примерно в три раза больше, чем в 10 часов вечера, и в полтора раза больше, чем в $3^1/_2$ часа утра.

Небольшое число измерений, выполненных нами для зенита, показывают, что в этой точке неба наблюдается такой же ход интенсивности.

Качественным образом этот результат был установлен и раньше (1, 2). Однако, наличие максимума представлялось настолько удивительным, что ряд авторов, высказывавших гипотезы о природе свечения неба, совершенно обходят вопрос о ночном ходе интенсивности зеленой линии.

Совпадающий с нашим ход интенсивности для зенита был получен И. А. Хвостиковым.

Изменения интенсивности суммарного света неба лежат почти в пределах ошибок наблюдения. Но если придавать этому ходу реальное значение, то для фона (за вычетом зеленой линии) получается небольшой минимум в середине ночи. Это согласуется с предположением, что свет фона состоит не только из света звезд, но и рассеянного (возможно взвешенными частицами) света солнца (8).

Яркость зеленой линии в зените меньше, чем около полярной звезды. Среднее из наших измерений дает для отношения яркостей в этих двух точках неба величину около 0.8. В предположении, что излучает плоский светящийся слой, внутри которого не происходит реабсорпции (с учетом поглощения в нижних слоях атмосферы), для этого отношения следовало бы ожидать величину около 0.7.

Для получения абсолютной яркости свечения неба, в лабораторных условиях, тем же методом, был промерен источник белого света известной яркости. На основании этого измерения для яркости неба около полярной звезды (в предположении, что этот свет мало отличается от белого) получаем значение $1.5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{свечи}}{\text{см}^2}$. (Единица интенсивности в табл. 2 соответствует яркости $4.8 \cdot 10^{-11} \frac{\text{свечи}}{\text{см}^2}$. Это наименьшая яркость, которая могла быть измерена в условиях нашего опыта.) Для яркости зеленой линии при пересчете на дневное зрение получаем $3.3 \cdot 10^{-9} \frac{\text{свечи}}{\text{см}^2}$. Последняя цифра относится к зениту в момент наибольшей яркости (с учетом поглощения воздуха). Этот результат совпадает со значением, полученным ранее Релеем $3.2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{свечи}}{\text{см}^2}$.

Наличие максимума и значительная абсолютная яркость зеленой линии свечения неба накладывают ограничения на гипотезы о возможном механизме этого явления. Так напр., естественное допущение, что свечение является свечением фотодиссоциации, отпадает при этом сразу.

Мак-Леннан пытался объяснить ход интенсивности в течение ночи тушением зеленого свечения видимым светом (2). Наибольшая яркость свечения должна получаться в этом случае при минимуме освещения атмосферы, т. е. около полуночи. Однако, если для зеленого свечения, обусловленного переходом с метастабильного уровня атомного кислорода, такого эффекта тушения можно ожидать (по аналогии с тушением ф ос форесценции), то для возбужденных состояний с малой длительностью

его ожидать нельзя. Между тем, имеются указания на то, что и для остальных частей спектра свечения наблюдается аналогичный ход интенсивности ([3]). Вторым доводом против точки зрения Мак-Леннана является то, что максимум яркости свечения смещен относительно полуночи к утру. К началу рассвета интенсивность свечения примерно еще в два раза больше, чем в 10 час. вечера. Свечение отчетливо наблюдается и в первые стадии рассвета. По условиям опыта мы не могли проследить его дальше, чем после увеличения яркости неба в 5 раз. Однако, уже и при этих условиях интенсивность света в верхних слоях атмосферы должна быть очень велика. Следовательно увеличение освещения атмосферы не производит непосредственно тушащего действия.

Возникновение свечения неба можно попытаться объяснить за счет энергии химических процессов, идущих в течение ночи в верхних слоях атмосферы. В этом случае естественно предположить, что энергия этих процессов аккумулируется днем за счет солнечной радиации. В качестве одного из таких процессов Чэпмэн предполагает процесс диссоциации молекул кислорода на атомы ([10]). Однако ночной ход интенсивности с этой точки зрения остается непонятным.

Зоммер, исходя из сходства спектров полярных сияний и свечения ночного неба, предполагает, что эти явления одной природы ([11]),

Физико-математический институт
им. В. А. Стеклова Академии Наук СССР.
Москва.

Поступило
1 XII 1934.

GEOPHYSICS

OBSERVATIONS OF NIGHT SKY LUMINESCENCE BY THE EXTINCTION METHOD

By N. DOBROTIN, I. FRANK, and P. ČERENKOV

(*Communicated by S. Wawilow, Member of the Academy, 4. XII. 1934*)

In addition to starlight, the night sky emits a faint radiation containing the auroral green line (5577.3 Å). This line is produced by atomic oxygen and corresponds to the prohibited transition $^1S_0 - {}^1D_2$. Observations show that the intensity of the green line is subject to complex periodic variation ([1, 2, 3, 4, 5]). Such experimental evidence, however, as is available does not admit of any judgment beyond the general character of this intensity variation. A more detailed study of the process of sky luminescence demands first of all the introduction of new and more exact methods of photometry.

A new method has been recently evolved for the quantitative measurement of extremely low intensities of visible light ([6]). This method, based on the constancy (for a given observer) of the limit of visual excitation of a dark adapted eye, is known as the 'extinction' method.

This method was used by the Expedition of the Academy of Sciences of the USSR in measuring the luminscence of the night sky on Mount Elbrus (Caucasus) in August, 1934. The observations were made at a point 3200 metres above sea level (the Elbrus Krugozor, 43°17′ lat. North, 42°28′ long. East).

A scheme of the photometer used is shown in Fig. 1 (p. 111). The light emitted by the portion of the sky to be subjected to the photometric test is caused to pass through a total internal reflection prism P and strikes a circular diaphragm D restricting the field of vision (the diameter of the diaphragm aperture being 4 mm). The diaphgram was observed through an eye-piece L set up in such a way as to make the aperture of the diaphragm appear as a sharply-defined illuminated circle. Between the diaphragm and the eye-piece was a neutrally-grey wedge K, the object of which was to weaken the light to the limit of visibility. The necessary spectral region was isolated by filters F_1 and F_2.

In order to avoid any variation in the intensity of the stellar background due to the passage of bright stars through the field of vision of the photometer, the measurenents were taken in the vicinity of the celestial pole 3° below the Pole Star. The Pole Star itself was outside the field of vision (the angular diameter of the field of vision was 5°). The high altitude of the point of observation secured satisfactory conditions as regards transparency of air. No observations were taken except on absolutely clear nights. In order to eliminate any effect of the limit of visibility or, *a fortiori*, of any variation in the sensitivity of the eye, the measurements of luminescence intensity were accompanied by similar measurements of the brightness of a constant source of light, a radioactive self-luminous uranyl crystal. The brightness to be measured was thus compared to the luminescence of an etalon. Finally, in order fully to avoid personal peculiarities, the same observations were made independently by two observers. The results were found to agree completely.

In order to isolate the green line of sky luminescence, the 'auroral' filter designed by Rayleigh (7) was used. The filter transmits wave lengths of 5450 to 5700 Å, the transmission maximum just including the green line. Simultaneously with green line measurements, the integral light of the sky was also measured (without a filter).

Table 1 (p. 111) shows the results of measurements taken with the filter on three nights.

The time given in the table is the local mean solar time. The brightness is determined with reference to the average limit of visibility of one of the observers.

Table 2 (p. 112) shows, in the same units, the measuremens taken on the same nights, but without a filter.

The results obtained on the first two nights, for which the brightness of sky luminescence is practically the same, are graphically represented in Fig. 2 (p. 112). The upper curve refers to the observations taken with the filter, while the lower one represents the observations of integral light. In the second case, the scale is 100 times less than in the first. The upper curve exhibits a well-defined variation of intensity during the night; in the lower curve it is but faint. This shows that in the observations made with the filter, the intensity variation is that of the green line itself, and is not due to any variation in the transparency of the air or any changes in the background.

In order to separate these two components of sky luminescence, it is necessary to know how many times each of them was weakened by the filter used. For this purpoess, we may use the data of Dufay (8), who found the distribution of energy in the background spectrum to be about the same as that of the solar spectrum. Calculations show that the weakening by the filter of various sources of white light is not greatly affected by

their colour temperature. Experimental evidence of this is available for a) a white light lamp, b) the light of dawn, c) night sky luminescence. In the latter case, measurements were made both with and without a bright star in the field of vision of the photometer. In other words, the sky subjected to photometric measurements contained varying amounts of stellar light.

All the three methods gave similar results, from which it may be inferred that the filter used by us reduced the luminous intensity of the background nearly 100 times. On the other hand, the filter transmission curve shows that the intensity of the auroral green line had been ruduced four times. Hence, in comparing the two series of photometric observations, we find the ratio between the brightness of the background and that of the green component of sky luminescence.

We thus find that the ratio of the light emitted by the green line to the integral light of the sky, as observed by a dark adapted eye, varies from 4% at the beginning of the night to 12% at about midnight. These results are in good agreement with those obtained by Rayleigh, who found that ratio to be 7% ([9]).

The relative intensity variation of the green line is given by the difference between the ordinates of two curves, as shown in Fig. 2 (p. 112). At its maximum, the intensity of the green line is about three times as great as at 10 p. m. and 1.5 as great again as at 3.30 a. m.

The few measurements we took for the zenith show that at that point of the sky the variation of intensity is the same as above.

Qualitatively, this had also been ascertained before ([1, 2]). Still, the existence of a maximum seemed so startling that a number of authors who put forward hypotheses as to the nature of sky luminescence left out of consideration the problem of the nocturnal intensity variation of the green line.

The intensity variation found for the zenith by I. Khvostikov is in full agreement with ours.

The intensity variation of the integral light of the sky lies practically within the range of errors of measurement. Should this variation, however, be assumed to be genuine, the background (less the green line) would exhibit a small minimum in the middle of the night. This would agree with the suggestion that the light of the background is composed not of stellar light only, but also of scattered sunlight (possibly scattered by suspended particles) ([8]).

At the zenith, the brightness of the green line is not so great as near the Polar Star. The average of our measurements gives for the ratio of brightnesses at these two points of the sky a value approximating 0.8. On the assumption that radiation proceeds from a plane luminescent layer, within which no re-absorption takes place (due allowance being made for absorption in the lower layers of the atmosphere), this ratio ought to be about 0.7.

With a view to obtaining the absolute brightness of sky luminescence, a source of white light of known brightness was measured by the same method under laboratory conditions. These measurements gave for the brightness of the sky near the Polar Star (on the assumption that such light differs but little from the white light) a value of $1.5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{candles}}{\text{cm}^2}$.

(The intensity unit in Table 2 corresponds to a brightness of $4.8 \cdot 10^{-11} \frac{\text{candles}}{\text{cm}^2}$.

This is the minimum brightness that proved measurable under the conditions of our experiment.) In terms of diurnal vision, the brightness of the green line gives a value of $3.3 \cdot 10^{-9} \frac{\text{candles}}{\text{cm}^2}$. This latter figure refers to the zenith at the moment of maximum brightness (with due allowance for air absorption). This result agrees with the value previously obtained by Rayleigh: $3.2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{candles}}{\text{cm}^2}$.

The existence of a maximum and a considerable absolute brightness of the green line impose restrictions on such hypotheses as may be put forward as to the possible mechanism of this phenomenon. Thus, for instance, the natural assumption that the luminescence is a photo-dissociation luminescence is at once invalidated.

MacLennan attempted to account for the nocturnal variation of the green line by the quenching effect of visible light ([2]). In that case, the maximum brightness of the luminescence ought to coincide with the minimum illumination of the atmosphere taking place about midnight. If, however, such a quenching effect may be expected (by analogy with the quenching of phosphorescence) in the case of the green luminescence, due to the transition of atomic oxygen from ist meta-stable level, no such quenching effect may be expected in the case of excitations of small duration. There are, nevertheless, indications, that similar variations are observable for the rest of the spectrum ([3]). Another plea against MacLennan's poit of view is the fact that maximum brightness occurs towards morning, and not at midnight. Just before dawn, the intensity of luminescence is still about twice as great as at 10 p. m. The luminescence is also observable during the early stages of dawn. Under the conditions of our experiment, we were unable to trace it beyond the moment when the brightness of the sky had increased five times. Still, even under such conditions, the intensity of illumination in the upper atmosphere must already be very high. Hence, an increase in the illumination of the atmosphere does not exercise any direct damping action.

The origin of sky luminescence may perhaps be put down to the energy of the chemical processes going on in the upper atmosphere during the night. If so, it would be natural to suppose that the energy of these processes accumulates in daytime owing to solar radiation. According to Chapman ([10]), one of these processes would be the dissociation of oxygen molecules into atoms. Still, this fails to account for the course of intensity variation during the night.

In Sommer's opinion, the fact of the spectrum of sky luminescence being similar to that of the aurora polaris would point to a common origin of both phenomena([11]).

Physico-Mathematical Institute,
Academy of Sciences of the USSR. Moscow.

Received
1. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Mc Lennan. Proc. Roy. Soc. (A), **120**, 327, 1928. [2] Mc Lennan, Mc Leod, and Ireton. Trans. Roy. Soc. Canada, Sect III, XXII, 397, 1928. [3] Rayleigh. Proc. Roy. Soc. (A), **124**, 395, 1929. [4] Karandikar. Ind. Journ. Physics, VIII, 547, 1934. [5] S Jones. Proc. Roy. Soc. (A), **126**, 246, 1930. [6] E. Брумберг и С. Вавилов. ДАН, III, 405, 1934. E. Brumberg u. S. Wawilov. C. R. Acad. Sci. URSS, III, 4 5, 1934. [7] Rayleigh. Proc. Roy. Soc. (A), **106**, 117, 1924. [8] Dufay. Journ. de Phys. et le Rad., **10**, 219, 1929. [9] Rayleigh. Proc. Roy. Soc. (A), **129**, 458, 1930. [10] S. Chapman. Proc. Roy. Soc. (A), **132**, 353, 1931. [11] Sommer. ZS. f. Phys., **57**, 582, 1929.

ГЕОФИЗИКА

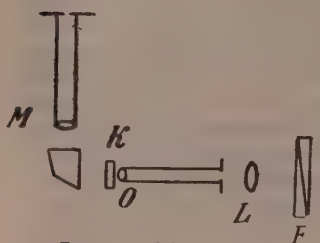
А. А. ЛЕБЕДЕВ и И. А. ХВОСТИКОВ

ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗЕЛЕНОЙ ЛИНИИ СОБСТВЕННОГО СВЕЧЕНИЯ НОЧНОГО НЕБА

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 4 XII 1934*)

1. Как известно, свечение ночного неба содержит яркую зеленую линию с длиной волны $\lambda = 5577.3$ Å, принадлежащую атомарному кислороду и обусловленную переходом с метастабильного состояния ($^1S_0 - {}^1D_2$).

Применяя фотометрирование по так называемому методу гашения, недавно разработанному акад. С. И. Вавиловым [1], мы смогли произвести измерения интенсивности этой линии сквозь монохроматор с узкой щелью. Это позволило наблюдать зеленую линию почти без примеси света непрерывного спектра ночного неба. Благодаря выделению узкой области спектра, измерение удалось произвести не только ночью, но и в начале утренних сумерек. Опыты производились на высоте 3000 м на Эльбрусе во время пребывания в Эльбрусской комплексной научной экспедиции Академии Наук СССР.



Фиг. 1. — Fig. 1.

2. На фиг. 1 показана схема установки, которой мы пользовались. Свет через монохроматор M и линзу L попадает в фотометр F, состоящий из передвижного клина и приспособления для регистрации в темноте отсчетов по клину. Перед объективом O надевалась вспомогательная стеклянная пластинка K, плоскости которой составляли между собой небольшой угол. Барабан монохроматора устанавливался на $\lambda = 5577$ Å зеленой линии и в этом положении закреплялся. Поворотом пластинки K можно было уводить с выходной щели монохроматора зеленую линию 5577 Å и переходить на сплошной фон ночного неба около 5595 Å. Возвращая пластинку в первоначальное положение, мы опять наводили на щель зеленую линию. Это позволяло, не передвигая барабана, сравнивать интенсивность зеленой линии 5577 Å и непрерывного спектра в области 5595 Å, осуществляя переход с одной длины волны на другую с точностью большей, чем это позволил бы барабан монохроматора.

3. На фиг. 2 представлены результаты измерений в ночь с 13 на 14 августа 1934 г.

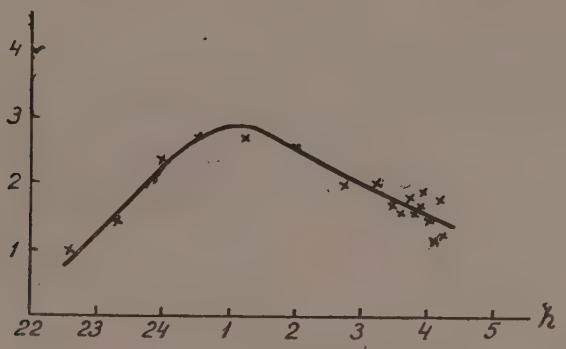
Ширина щели монохроматора была такова, что в глаз наблюдателя попадал участок спектра, примерно, в 10 Å. Интенсивность зеленой линии измерялась относительно сплошного спектра у $\lambda = 5595$ Å. Именно, измерялась интенсивность I_1 для $\lambda = 5577$ Å и I_2 — для $\lambda = 5595$ и интенсивность зеленой линии вычислялась как разность $I_1 - I_2$. В течение ночи I_1 в 5—12 раз больше, чем I_2. Таким образом, наши измерения носят относительный характер.

Около $3^h45'$ начинаются утренние сумерки. Измерения производились до $4^h17'$ тем же способом. Но в этом случае нам был известен фактический ход интенсивности рассеянного света неба, который измерялся в другой работе Эльбрусской экспедиции (эта работа, „Визуальное фотометрирование сумерек", находится в печати).

В последней точке для $4^h17'$ I_1 превышало I_2 только на 35% и дальнейшие измерения делались невозможными.

4. a) Измерения показывают, что за время ночи интенсивность зеленой линии сначала круто возрастает, а затем более медленно спадает. Максимум имеет место, примерно, в 1 час ночи. Интенсивность в максимуме в 2.8 раза больше начальной ($22^h40'$). Эти результаты находятся в удовлетворительном согласии с результатами Добротина, Франка и Черенкова, которые сообщаются в этом же номере ДАН.

b) Во время сумерек, когда верхние слои атмосферы уже освещаются солнцем, заметного изменения интенсивности зеленой линии не обнаружено. Последняя измеренная точка соответствует высоте солнца $h = -12°$ и высоте геометрической тени солнечных лучей в 130 км



Фиг. 2. — Fig. 2.

(большая разбросанность точек в сумерках объясняется большими ошибками измерений, так как из-за быстрого возрастания интенсивности рассеянного света неба повторные измерения были затруднительны).

5. Наличие в течение ночи максимума интенсивности зеленой линии качественно было замечено еще Мак Леннаном [2]. Для объяснения этого максимума он высказал предположение, что зеленая линия $\lambda = 5577.3$ Å тушится видимым светом атмосферы. В этом случае около полуночи, когда имеет место минимум освещения атмосферы, интенсивность зеленой линии должна быть наибольшей.

Оставляя в стороне все могущие иметь место соображения, говорящие против этого предположения, укажем, что оно непосредственно опровергается нашими наблюдениями в начале утренних сумерек (см. § 4b): несмотря на увеличение яркости неба в 20—25 раз, интенсивность зеленой линии не испытывает сколько-нибудь значительного уменьшения.

Процессы, связанные с испусканием зеленой линии, нам кажется возможным рассматривать следующим образом.

Энергия зеленой линии должна быть энергией диссоциации молекул O_2 на атомы O. Эта энергия постепенно накапливается днем за счет поглощаемой солнечной радиации с длиной волны 1850 Å и менее. Благодаря соударениям при воссоединении или иного рода реакции диссоциированных частиц, образуются метастабильно возбужденные атомы кислорода, которые затем и высвечиваются (в течение времени, повидимому, меньшего 1 сек.).

Количество кислородных атомов, образовавшихся при диссоциации молекул O_2, в каждом данном слое атмосферы пропорционально энергии солнечной радиации, поглощенной в этом слое. Поглощение солнечной радиации при прохождении сквозь атмосферу сначала невелико, благодаря малой плотности газа на большой высоте, затем быстро возрастает, достигает максимума и затем столь же быстро спадает. Спадание обусловлено ослаблением проходящего пучка. Поглощение сосредоточено, таким образом, в некотором слое. В этом слое будут сосредоточены и образующиеся при диссоциации атомы кислорода [математическое решение такой задачи можно найти у Чэпмена (4)].

Вероятность атому кислорода испытать соударение пропорциональна плотности газа в данном месте. После захода солнца общее число столкновений будет увеличиваться благодаря диффузии атомов кислорода в атмосфере с экспоненциальным распределением плотности по высоте. Покажем это следующим вычислением.

Плотность ρ атмосферы на высоте h есть $\rho = \rho_0 e^{-ah}$, где a некоторая постоянная. Предположим, что за некоторое время t некоторое количество кислородных атомов n продиффундирует из слоя h_1, содержащего атомарный кислород, в слой, расположенный на высоте $h_1 + \Delta h$.

Будем считать сначала, что скорость диффузии одинакова во всех направлениях, тогда за то же время t то же количество атомов n продиффундирует из слоя h_1 в слой $h_1 - \Delta h$. Обозначим плотность атмосферы на высоте h_1, $h_1 + \Delta h$ и $h_1 - \Delta h$ через ρ_1, ρ' и ρ''. Имеем: $\rho_1 = \rho_0 e^{-ah_1}$, $\rho' = \rho_0 e^{-(h_1 + \Delta h)}$ и $\rho'' = \rho_0 e^{-a(h_1 - \Delta h)}$. Если бы рассматриваемые $2n$ атомов оставались на высоте h_1, то число столкновений было бы $N_1 = 2nA\rho_1 = 2nA\rho_0 e^{-ah_1}$, где A некоторый множитель пропорциональности. Благодаря диффузии в слои $h_1 \pm \Delta h$ число столкновений станет другим: $N_2 = A(n\rho' + n\rho') = nA\rho_0 e^{-ah_1}(e^{-a\Delta h} + e^{a\Delta h})$. Сумма, стоящая в скобках, при любых $\Delta h \neq 0$ по величине > 2 и только при $\Delta h = 0$ ее величина $= 2$. Следовательно $N_2 > N_1$, и разность $N_2 - N_1$ возрастает с увеличением Δh, т. е. число столкновений, благодаря диффузии, постепенно увеличивается.

Мы предполагали, что скорость диффузии атомарного кислорода одинакова в обоих направлениях, и вверх и вниз. Но скорость диффузии обратно пропорциональна плотности газа, в который диффундирует кислород, следовательно, сначала диффузия будет итти быстрее в направлении вверх. Но благодаря этому градиент плотности атомарного кислорода в этом направлении будет уменьшаться скорее, чем в направлении вниз. В момент, когда скорость диффузии наверх будет уже очень мала, скорость диффузии вниз будет еще велика.

Так как диффузия атомарного кислорода из слоя, преимущественно содержащего его, происходит в течение всего дня, то несомненно, что к началу ночи концентрация атомарного кислорода в более высоких слоях будет ближе к равновесной концентрации, чем в более низких слоях. Диффузия будет итти преимущественно вниз, что также приведет к увеличению числа столкновений.

Эти диффузионные эффекты объясняют постепенное увеличение интенсивности зеленой линии в первой половине ночи.

Но постепенно скорость диффузии начинает уменьшаться, так как уменьшается, вследствие диффузии, градиент плотности атомарного кислорода. Начинает сказываться медленное убывание общего числа атомов кислорода (образование молекул O_2, O_3 и др.), что, начиная с некоторого

момента, прекращает дальнейшее возрастание интенсивности зеленой линии и вызывает затем ее уменьшение.

Рассматриваемое влияние диффузии кислородных атомов из некоторого слоя, особенно богатого этими атомами, может привести к фактически имеющему место ходу интенсивности зеленой линии лишь при выполнении определенных соотношений между скоростью диффузии и скоростью убывания общего числа атомов кислорода. Рассмотрим два крайних случая: 1) облучение атмосферы солнечным светом продолжалось настолько долго, что успело установиться динамическое равновесие, и в любом слое число вновь появляющихся атомов (от диссоциации и диффузии из соседних слоев) равно числу исчезающих атомов (вследствие воссоединения и диффузии в соседние слои). В этом случае, с момента прекращения облучения начнется немедленное уменьшение общего числа столкновений, и никакого возрастания свечения быть не может. 2) Атомы кислорода заключены в резко ограниченном слое, и уменьшения числа атомов вследствие воссоединения нет. В этом случае рассмотренный эффект диффузии в атмосфере с экспоненциальным распределением плотности даст очень резкое возрастание числа столкновений, которое, постепенно замедляясь, будет продолжаться бесконечно долго.

Осуществление истинного хода интенсивности зеленой линии возможно в некотором промежуточном случае, который мы и предполагаем имеющим место в действительности.

Государственный оптический институт.
Ленинград.

Поступило
3 XII 1934.

GEOPHYSICS

INTENSITY VARIATION OF THE AURORAL GREEN LINE IN THE NIGHT SKY

By I. CHVOSTIKOV (KHVOSTIKOV) and A. LEBEDEV

(Communicated by S. Wawilow, Member of the Academy, 4. XII. 1934)

1. The luminescence of the night sky is known to contain a bright green line of wave length $\lambda = 5577.3$ Å belonging to atomic oxygen and due to the transition from the meta-stable condition ($^1S_0 - {}^1D_2$).

By using photometry according to the so-called 'extinction' method recently evolved by Academican S. Wawilow (1), we succeeded in measuring the intensity of that line through a monochromator with a narrow slit. This enabled us to observe the auroral green line practically without any admixture of the light of the continuous spectrum of the night sky. The isolation of a narrow region of the spectrum made it possible to effect measurements not only at night, but also during the morning twilight. The exepriments were made on Mount Elbrus, at a height of 3000 m, while taking part in the Complex Elbrus Scientific Expedition of the Academy of Sciences of the USSR.

2. Fig. 1 (p. 118) shows a scheme of the appliance used. After passing through the monochromator M and the lens L the light falls on to the photometer F, which consists of a sliding wedge and is dar kadapted for recording the readings ot the wedge. In front of the objective O, was set up an additional glass plate K, the planes of which were inclined to each other [at

a slight angle. The drum of the monochromator was set at $\lambda = 5577$ Å of the green line and fixed in that position. By a turn of the plate K, the green line 5577 Å could be removed from the monochromator slit, the continuous background of the night being substituted for it near 5595 Å. By returning the plate into its initial position we again brought the green line into the slit. This enabled us to compare, without shifting the drum, the intensity of the auroral green line 5577 Å to that of the continuous spectrum in the region 5595 Å, by substituting one wave length for the other with a greater precision than that obtainable with the monochromator drum.

3. Fig. 2 (p. 119) shows the results of measurements made in the night of August 13, 1934.

The width of the slit was such as to allow a region of the spectrum of about 10 Å to reach the observer's eye. The intensity of the auroral green line was measured by comparsion with that of the continuous spectrum near $\lambda = 5595$ Å. For this purpose, intensity I_1 was measured for $\lambda = 5577$ Å, and intensity I_2 for $\lambda = 5595$ Å, the intensity of the green line being taken equal to the difference $I_1 - I_2$. In the course of the night, I_1 was found to be 5 to 12 times as great as I_2. Our measurements are thus of a purely relative nature.

At about 3.45 a. m. the morning twilight begins. The measurements were continued in the same manner up to 4.17 a. m. In this case, however, we knew the actual course of the intensity of the scattered light of the sky, since it had been measured in another work of the Expedition (that work, 'The Visual Photometry of Twilight', is in the press).

At 4.17 a. m., I_1 exceeded I_2 by only 35%, and further measurements proved impossible.

4. a) The measurements show that in the course of the night the intensity of the green line first rises sharply, then declines in a less abrupt manner. The maximum is reached at about 1 a. m., the maximum intensity being 2.8 times as great as the initial one (10.40 p. m.). These results are in good agreement with those obtained by Dobrotin, Frank, and Čerenkov, published in this issue of the Annals of the Academy of Sciences of the USSR.

b) During twilight, when the upper strata of the atmosphere are already illuminated by the sun, no appreciable intensity variation has been discovered in the green line. The last point measured was one corresponding to a height of the sun $h = -12°$ andt o a height of 130 km of the geometric shadow of the sunrays. The great scattering of the points during twilight is due to considerable errors of measurements, since the rapid increase in the intensity of the scattered light of the morning sky made it difficult to duplicate the measurements.

5. The existence of a maximum intensity of the green line during the night was qualitatively noticed by McLennan (2). To account for this maximum, he suggested that the auroral green line $\lambda = 5577.3$ Å might possibly be quenched by the visible light of the atmosphere. In that case, the intensity of the green line ought to be greatest about midnight, when the illumination of the atmosphere is at a minimum.

Leaving aside any considerations that might be urged against this suggestion, we shall but point out that it is directly disproved by our own observations at the beginning of the morning twilight (cf. 4 b), when, in spite of the brightness of the sky having increased as much as 20 or 25 times, the intensity of the green line had not experienced any appreciable diminution.

In our opinion, the processes connected with the emission of the green line might be accounted for in the following manner.

The energy of the green line must be the energy of the dissociation of molecules O_2 into atoms O. During the day, this energy is gradually accumulated owing to the absorption of solar radiation of wave-length 1850 Å and less. Owing to collisions in recombining or in other reactions of the dissociated particles, there are formed meta-stably excited oxygen atoms which subsequently radiate light (presumably during less than a second).

The number of oxygen atoms formed in a layer of the atmosphere through the dissociation of molecules O_2 is proportionate to the energy of solar radiation absorbed by that layer. The absorption of solar radiation in the atmosphere is at first but a slight one, owing to the low density of gas at great altitudes: then it grows rapidly, reaches its maximum, and finally decreases with a similar rapidity. The fall is due to the weakening of the passing beam. The absorption is thus at its highest in some layer of the atmosphere, and it is in that layer that the oxygen atoms due to dissociation are also centred [a mathematical solution of this problem may be found in Champan (4)].

The probability of an oxygen atom being involved in a collision is proportionate to the density of the gas at a given point. After sunset, the aggregate number of collisions will be increased owing to the diffusion of oxygen atoms in the atmosphere, the density of which decreases with height according to the exponential law. This may be shown by the folllowing calculation.

At a height h, the density ρ of the amosphere is $\rho = \rho_0 e^{-ah}$, where a is a constant. Let us assume that in an interval of time t, a number of oxygen atoms n diffuse out of the layer h_1 containing atomic oxygen into a layer lying at a height $h_1 + \Delta h$. To begin with, let us assume the velocity of diffusion to be the same in all directions. Within the same interval of time t, the same number of atoms n will have diffused out of the layer h_1 into the layer $h_1 - \Delta h$. Let us denote the densities of the atmosphere at heights h_1, $h_1 + \Delta h$, and $h_1 - \Delta h$, by ρ_1, ρ', and ρ'' respectively. We thus obtain: $\rho_1 = \rho_0 e^{-ah}$; $\rho' = \rho_0 e^{-a(h_1 + \Delta h)}$; $\rho'' = \rho_0 e^{-a(h_1 - \Delta h)}$.

Had the $2n$ atoms under consideration remained at height h_1, the number of collisions would have been $N_1 = 2nA\rho_1 = 2nA\rho_0 e^{-ah_1}$, where A is a proportionality factor. However, owing to diffusion into the layers $h_1 \pm \Delta h$, the number of collisions has been altered to

$$N_2 = A(n\rho' + n\rho'') = nA\rho_0 e^{-ah_1}(e^{-a\Delta h} + e^{a\Delta h}).$$

The bracketed sum is of magnitude > 2 for any values of $\Delta h \neq 0$, and it is only with $\Delta h = 0$ that its magnitude is $= 2$. Therefore, $N_2 > N_1$, and the difference $N_2 - N_1$ increases with the increase of Δh, i. e. owing to diffusion, the number of collisions gradually increases.

We had at first assumed the velocity of diffusion of atomic oxygen to be equal in both directions, both upwards and downwards. As, however, the velocity of diffusion varies inversely as the density of the gas through which the oxygen diffuses, the diffusion must at first proceed more rapidly in the upward direction. Hence, the density gradient of atomic oxygen will diminish more rapidly in the upward than in the downward direction. At a moment when the velocity of diffusion in the upward direction has been greatly reduced, the velocity of diffusion in the downward direction will be still very high.

Since the diffusion of atomic oxygen out of the layer predominantly composed of it proceeds in the course of the whole day, there is no doubt that by the time night sets in, the concentration of atomic oxygen in the upper layers will more closely approach the concentration of equilibrium than will its concentration in the lower lying layers. The diffusion will mainly be a downward one, and this will also increase the number of collisions.

These diffusion effects would account for the gradual increase of the intensity of the green line during the first half of the night.

Gradually, however, the velocity of diffusion begins to decrease, owing to the decrease of the intensity gradient of atomic oxygen due to diffusion.

A slow decrease of the aggregate number of oxygen atoms becomes then noticeable (formation of molecules O_2, O_3, and others), and this, from a certain moment, checks a further increase of the green line intensity and finally causes it to decrease.

The discussed effect of the diffusion of oxygen atoms away from a layer particularly rich in such atoms cannot result in such variation of the green line intensity as actually exists, unless a definite relation is maintained between the velocity of diffusion and the velocity of decrease of the aggregate number of oxygen atoms. We shall now consider two limiting cases: 1) The irradiation of the atmosphere by sunlight has been going on for so long that a dynamic equilibrium has been established, so that, in any layer of the atmosphere, the number of newly-formed atoms (either through dissociation or through diffusion from adjoining layers) is equal to the number of vanishing atoms (either through recombination or through diffusion into the adjoining layers). In that case, as soon as irradiation ceases, an immediate diminution of the aggregate number of collisions will begin, any increase of luminescence being out of the question. 2) The oxygen atoms are confined within a sharply-defined layer, and no diminution in the number of atoms due to recombination takes place. In this case, the discussed effect of diffusion in the atmosphere with the exponential distribution of densities would cause an abrupt increase in the number of collisions, which, gradually slowing down, would go on indefinitely.

Such intensity variation of the green line as is observed in reality may arise in some intermediate case, and this we assume to be actually in existence.

State Optical Institute.
Leningrad.

Received
8. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Е. Брумберг и С. Вавилов. ДАН, III, 405, 1934. E. Brumberg u. S. Wawilow. C. R. Acad. Sci. URSS, III, 409, 1934. [2] Mc Lennan. Proc. Roy. Soc. (A), 120, 327, 1928. [3] Mc Lennan, Mc Leod, and Ireton. Trans. Roy. Soc. Canada sect. III, XXII, 397, 1928. [4] S. Chapman. Proc. Roy. Soc. (A), 132, 353, 1931.

ХИМИЯ

М. М. КАЦНЕЛЬСОН и М. И. КАБАЧНИК

ОБ ЭФИРЕ ПАРА-АМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ И ЛУПИНИНА

(*Представлено академиком А. Е. Фаворским 2 XII 1934*)

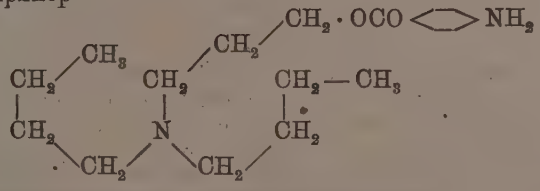
Среди большого количества солей эфиров пара-аминобензойной кислоты и жирных алкаминов схемы: $NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2CH_2NR_2 \cdot HCl$ и схемы: $NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2NR_2 \cdot HCl$, где $R = C_2H_5$, *n*- и *i*-C_3H_7 и *n*-C_4H_9, обладающих анестезирующим действием, наибольшее применение нашли новокаин — хлористоводородная соль эфира пара-аминобензойной кислоты и диэтил-аминоэтилового алкоголя и также бутин — сернокислая или хлористоводородная соль эфира пара-аминобензойной кислоты и ди-*n*-бутиламинопропилового алкоголя.

$$NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot N\begin{matrix}CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3\\ CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3\end{matrix}$$

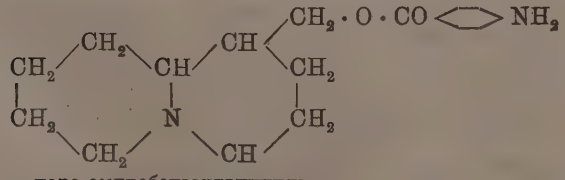
При сравнении структурных формул эфира пара-аминобензойной кислоты и алкалоида лупинина со структурной формулой эфира пара-аминобензойной кислоты и жирного алкамина схемы

$$NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2N\begin{matrix}R\\ R_1\end{matrix}, \text{ где } R \text{ и } R_1 = C_4H_9$$

или $R = C_4H_9$ и $R_1 = n\text{-}C_3H_7$, можно заметить большое сходство в их строении, например



пара-аминобензоил-ди-*n*-бутиламинопропанол



пара-аминобензоиллупинин

С целью изучения химических и фармакологических свойств эфира пара-аминобензойной кислоты и лупинина, мы синтезировали его, причем хлоргидрат основания легко получается действием пара-нитробензоилхлорида на лупинин и дальнейшим восстановлением выделенного эфира пара-нитробензойной кислоты и лупинина. Полученное основание плавится при 162—163°, нерастворимо в петролейном эфире и воде, трудно растворимо в эфире, легче в спирте. Хлористоводородная соль при нагревании в капилляре чернеет около 200° и не плавится до 280°. Она сильно гигроскопична. Для фармакологического испытания вещество это передано в ВИЭМ на исследование.

ЧАСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ

Хлоргидрат-*p*-нитробензоиллупинина. 18.55 г ($^1/_{10}$ моля) пара-нитробензоилхлорида растворяются в 100 см^3 сухого бензола или толуола. 16.9 г ($^1/_{10}$ моля) лупинина растворяются тоже в 100 см^3 сухого бензола или толуола. Оба раствора смешиваются при энергичном перемешивании. Происходит сильное разогревание, и выпадает порошкообразный осадок продукта реакции, легко слипающийся в комок. Для окончания реакции все нагревается с обратным холодильником на водяной бане 2 часа, после чего охлаждается, осадок отсасывается и промывается эфиром. Выход хлоргидрата паранитробензоиллупинина 32.7 г, что составляет 92% теоретического. Для дальнейшей переработки хлоргидрат не нуждается в очистке. Плавится он при 229—231° (темнеет около 200°).

p-нитробензоиллупинин. Основание выделяется при подщелачивании водно-спиртового раствора хлоргидрата и извлекается эфиром. Эфирная вытяжка высушивается поташом, и остаток после отгонки эфира перекристаллизовывается из водного спирта. Основание *p*-нитробензоиллупинина получается в виде хорошо образованных листочков с т. пл. 95°.

Анализ. Навеска I 0.0968 г; получено N_2 7.7 см^3 (23°, 751.5 мм)
II 0.1338 „ „ „ 10.5 „ (21°.5, 746.9 мм)
$C_{17}H_{22}O_4N_2$: вычислено N 8.80%
найдено I „ 8.81%
„ II „ 8.71%

p-нитробензоиллупинин нерастворим в воде, легко растворяется в спирте и эфире, кристаллизуется из петролейного эфира.

p-аминобензоиллупинин. 11.8 г хлоргидрата *p*-нитробензоиллупинина ($^1/_{30}$ моля) и 6.25 г зерненого олова ($^1/_{20}$ моля + 5%) понемногу смешиваются с 20 см^3 соляной кислоты ($d = 1.19$).

Для начала реакции требуется короткое нагревание, после чего наступает сильное разогревание и вскипание смеси. Бурно идущую реакцию приходится умерять охлаждением. Когда вся соляная кислота прибавлена и бурный период реакции закончился (при этом жидкость становится прозрачной), нагревают реакционную смесь $^1/_2$ часа на кипящей водяной бане, затем сливают с остатка непрореагировавшего олова (0.85 г), разбавляют 100 см^3 воды, нагревают почти до кипения и пропускают ток H_2S в течение $^1/_2$ часа, затем разбавляют вдвое водой, снова пропускают короткий ток сероводорода и оставляют на ночь. На утро желтый осадок двусернистого олова отфильтровывается, промывается 3 раза горячей водой, и фильтрат, соединенный с промывными водами, сильно подщелачивается. Выпадает осадок *p*-аминобензоиллупинина, который отсасывается, отжимается на нуче и перекристаллизовывается затем из 50% водного спирта. После одной кристаллизации получаются бесцветные листочки с т. пл. 162—163°. Выход 5.0 г. При упаривании маточника выделяется еще 0.8 г продукта, так что общий выход составляет 60.5% теории. Анализировался препарат, перекристаллизованный из водного спирта и затем из толуола и высушенный при 100° в вакууме.

Анализа. Навеска 0.1100; получено N_2 9.91 см^3 (29°, 749.3 мм)
$C_{17}H_{24}N_2O_2$: вычислено N 9.72%
найдено „ 9.6.%

Пара-аминобензоиллупинин нерастворим в петролейном эфире и воде, трудно растворим в эфире, легче в спирте.

Хорошо кристаллизуется из спирта (лучше 50%-го) и толуола (плоские, широкие иглы).

Хлоргидрат *p*-аминобензоиллупинина. Ввиду чрезвычайной гигроскопичности хлоргидрата *p*-аминобензоиллупинина, обычные методы мало пригодны для его приготовления. Лучшие результаты дал следущий метод.

Основание *p*-аминобензоиллупинина обливается крепкой соляной кислотой, и раствор выпаривается досуха, оставшаяся соль высушивается $^1/_2$ часа в сушильном шкафу при 110°, а затем переносится в колбочку и обливается смесью бензина и спирта, после чего половина ее отгоняется на кипящей водяной бане. Хлоргидрат *p*-аминобензоиллупинина оседает на дно колбочки в виде прекрасных толстых иголочек, они отсасываются, промываются бензолом, затем сухим эфиром и высушиваются в вакуум-эксикаторе. В случае необходимости обработка спиртом и бензолом повторяется.

Институт по изучению и синтезу растительных и животных продуктов Академии Наук СССР. Москва.

Поступило 2 XII 1934.

CHEMISTRY

ON THE ESTER OF PARA-AMINOBENZOIC ACID AND LUPININE

By M. KATZNELSON and M. KABAČNIK (KABATCHNIK)

(*Communicated by A. Favorskij, Member of the Academy, 2. XII. 1934*)

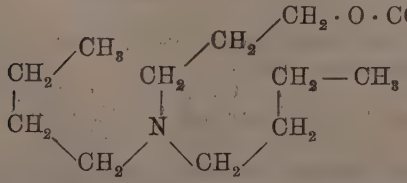
Of the great number of esters of para-aminobenzoic acid and fatty alcamines (of the scheme: $NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2CH_2NR_2 \cdot HCl$ and $NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2NR_2 \cdot HCl$,
where $R = C_2H_5$, *n*- and *i*-C_3H_7 and *n*-C_4H_9) possessing anesthetic properties, the following have found the widest practical application: novocaine — a hydrochloride of the ester of para-aminobenzoic acid and a diethyl-aminoethyl alcohol and butine — a sulphate or hydrochloride of the ester of para-aminobenzoic acid and di-*p*-butylaminopropyl alcohol.

$$NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot N\begin{matrix}CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3\\ CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3\end{matrix}$$

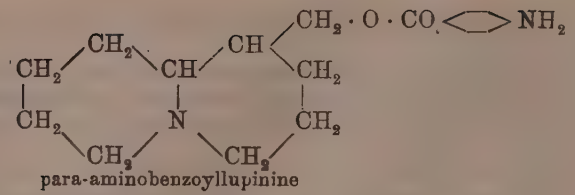
A great similarity of structure is to be observed on comparing the structural formulae of esters of para-aminobenzoic acid and lupinine with those of esters of para-aminobenzoic acid and fatty alcamines of the scheme

$$NH_2 \cdot C_6H_4 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2N\begin{matrix}R\\ R_1\end{matrix}, \quad \text{where R and } R_1 = C_4H_9$$

or $R = C_4H_9$ and $R_1 = n\text{-}C_3H_7$



para-aminobenzoyl-di-*n*-butylaminopropanol



para-aminobenzoyllupinine

For the purpose of investigating the chemical and pharmacological properties of the ester of para-aminobenzoic acid and lupinine, we synthesized it. The chlorhydrate of the base is easily obtained by the action of para nitrobenzoylchloride on lupinine and the subsequent reduction of the obtained ester of para-nitrobenzoic acid and lupinine. The base obtained melts at 162—163°, is insoluble in petroleum ether and water, dissolves in ether with difficulty, more readily in alcohol. On heating in a capillary tube the hydrochloride blackens at about 200° and does not melt at 280°. It is highly hygroscopic. This substance has been handed over to the All-Union Institute of Experimental Medicine for investigating it from a pharmacological standpoint.

EXPERIMENTAL PART

Chlorhydrate of *p*-Nitrobenzoyllupinine

18.55 g ($^1/_{10}$ mole) of para-nitrobenzoylchloride are dissolved in 100 cm^3 of dry benzene or toluene. 15.9 g ($^1/_{10}$ mole) of lupinine are also dissolved in 100 cm^3 of dry benzene or toluene. Both solutions are mixed with energetic stirring. Strong heating occurs, and a powdery sediment of the reaction product easily sticking together into a lump is precipitated. To complete the reaction, the whole of the resulting substance is heated with a cooler on a water bath for 2 hours, then cooled, drained, and washed with ether. The yield of chlorhydrate of para-nitrobenzoyllupinine is 32.7 g, which constitutes 92 per cent of the theoretical amount. The chlorhydrate does not need purifying for further treatment. It melts at 229—231° C and darkens at about 200° C.

p-nitrobenzoyllupinine. The base is isolated by adding alkali to the aqueous alcohol solution of chlorhydrate and is extracted with ether. The ether extract is dried with potash, and after distilling the ether the residue is recrystallized from aqueous alcohol. The base of *p*-nitrobenzoyllupinine is obtained in the form of flakes whose melting-point is 95°.

Analysis. Weight of the substance: I 0.0968 g; obtained N_2 7.7 cm^3 (23°, 751.5 mm)
II 0.1338 g; obtained N_2 10.5 cm^3 (21°.5, 746.9 mm)

$C_{17}H_{22}O_4N_2$:	calculated	N 8.80%
	found I	„ 8.81%
	„ II	„ 8.71%

p-nitrobenzoyllupinine is insoluble in water, easily dissolves in alcohol and ether, crystallizes from petroleum ether.

p-aminobenzoyllupinine. 11.8 g of chlorhydrate of *p*-nitrobenzoyllupinine ($^1/_{30}$ mole) and 6.25 g of grained tin ($^1/_2$ mole + 5%) are gradually mixed with 20 cm^3 of hydrochloric acid ($d = 1.19$).

A short heating is necessary to start the reaction, and then there occurs a strong heating and boiling of the mixture. The reaction has to

be moderated by cooling. When al the hydrochloric acid has been added and the turbulent period of the reaction has ended (by which time the liquid becom. s transparent), the reaction mixture is heated for half an hour on a boiling water bath, decanted off the residue (0.85 g), then diluted by 100 cm³ of water and heated almost up to boiling point. Then a current of H_2S is passed through the mixture for $\frac{1}{2}$ hour, afterwards it is diluted by an equal volume of water. Again a current of hydrogen sulphide is passed through the mixture, and the resulting substance is left to stand overnight. A yellow precipitate of tin bisulphide is filtered in the morning and thrice washed with hot water, alkali being added to the filtrate. A precipitate of *p*-aminobenzoyllupinine separates, is drained, and recrystallized from a 50% aqueous alcohol. After one crystallization. colourless flakes whose melting point is 162—163° are obtained. The yield is 5.0 g. On evaporating the mother liquor, 0.8 g more of the product are obtained. So the total yield attains 60.5% of the theoretical amount. The product, recrystallized from aqueous alcohol and then from toluene, and afterwards dried at 100° *in vacuo*, was analyzed.

Analysis. Weight of the substance: 0.1100 g; obtained N_2 9.91 cm³ (29°, 749.3 mm)
calculated „ 9.72%
found „ 9.61%

Para-aminobenzoyllupinine is insoluble in petroleum ether and water dissolves with difficulty in ether, more readily in alcohol.

It crystallizes well from alcohol (better from a 50% solution) and toluene (flat, wide needles).

Chlorhydrate of *p*-aminobenzoyllupinine. In view of the fact that the chlorhydrate of *p*-aminobenzoyllupinine is very hygroscopic, the usual methods of its preparation are of little use. The best results were given by the following method.

The *p*-aminobenzoyllupinine base is covered with strong hydrochloric acid, and the solution is evaporated to dryness. The residual salt is dried for half an hour in a desiccating chamber at 110° C and is then transferred to a flask and covered with a mixture of benzine and alcohol. Later on, half of this mixture is distilled on a boiling water bath. Chlorhydrate of *p*-aminobenzoyllupinine is precipitated to the bottom of the flask in the form of beautiful thick needles. These are drained, washed with benzene, then with dry ether, and dried in a vacuum exsiccator. If necessary treatment with alcohol and benzene is repeated.

Institute for the Investigation and Synthesis
of Vegetable and Animal Substances,
Academy of Sciences of the USSR.
Moscow.

Received
2. XII. 1934.

ГЕОХИМИЯ

О. Е. ЗВЯГИНЦЕВ и А. Н. ФИЛИППОВ

О НАХОЖДЕНИИ ПЛАТИНЫ В СЕРНИСТЫХ РУДАХ

(*Представлено академиком Н. С. Курнаковым 23 IX 1934*)

В предыдущем сообщении [1] нами приводились данные о наличии платины в сульфидных полиметаллических рудах некоторых месторождений СССР. Месторождения, из которых были получены изученные образцы руд, связаны с кислыми магмами и по большей части относятся к мезотермальным отложениям.

Продолжая работу дальше, мы поставили перед собой вопрос: характерно ли наличие платины для многих сульфидных свинцово-цинковых и медных руд, или изученные нами Риддерское, Аллавердское и др. являются счастливыми исключениями? Каково среднее содержание платины в рудах? Последний вопрос возник в связи с возможным извлечением платины, если бы это оказалось выгодным. Наши прежние данные давали цифры содержания платины в отдельных образчиках-штуфах, которые далеки от среднего состава руд и цифры для них чрезвычайно колебались даже для одного и того же месторождения.

I. Анализ руд ряда месторождений СССР

Были проделаны анализы на платину полиметаллических и медных руд семнадцати месторождений различных по своему характеру и происхождению. В табл. 1 приводятся результаты этих определений. Они показывают, что повышенное содержание платины характерно для почти всех сульфидных руд.

Таким образом надо признать, что при дифференциации кислых магм платина, как элемент обладающий халькофильными свойствами переходит в сульфиды или вместе с другими металлами выносится горячими растворами и осаждается в „жильных" сернистых образованиях.

II. Содержание платины в рудах

При анализе риддерских и, особенно, аллавердских (Закавказье) руд оказалось, что в некоторых образчиках — платины очень много другие же штуфы руд на тех же месторождениях давали значительно меньшие цифры (десятые доли и менее г/т). Такое неравномерное содержание не дает возможности судить об общих количествах платины в рудах. Поэтому нами были проделаны анализы средних проб руд нескольких месторождений, полученных нами от Института геологии и минералогии в Москве. Эти пробы были взяты летом 1933 г. партией геологов с участием П. С. Сакьян и Н. Г. Кристина, причем последний находился в постоянной связи с нами и являлся непосредственным исполнителем работы по пробоотбиранию на большинстве месторождений. Благодаря участию в нашей работе Н. Г. Кристина мы были обеспечены надежным, вполне научно подобранным материалом.

Мы не приводим здесь всех результатов анализов, так как это заняло бы слишком много места, а ограничиваемся некоторыми характер-

ными определениями, относящимися к месторождениям Аллавердской группы, анализы отдельных образчиков которых приводились в нашем первом сообщении (1).

Таблица 1

Характеристика анализируемой руды	Содержание платины в г/т
1. Риддер, руда из штольни, свинцово-цинковая	0.03
2. Шамлуг (Закавказье), № 16, медная руда	11
3. Аллаверды (Закавказье), медно-цинковая руда, валовая средняя проба № 1	0.5
4. Новая Ахтала, отвалы свинцово-цинковой руды у штольни Сусани-Жорж	0.05
5. Бурон (С. Кавказ), штольня № 5, гезенк № 1, середина рудного тела	1.5
6. Мизуры (С. Кавказ), средняя проба за апрель 1934, свинцовая руда	0.04
7. Зангезуры (Армения), Шаумяиская гр., ю. участок, образчик богатой свинцово-цинковой руды	5
8. Ущелье Макансу, Зангезуры, Пирдауданская рудная жила	1.5
9. О. Вайгач, свинцово-цинковая руда, образчик (получ. от А. Н. Кулика)	+*
10. Хибины, руда из Молибденовой копи (получ. от А. Н. Лабунцова)	+*
11. Урал, Карабаш, Сталинский рудник, 6-й горизонт (185 м), медная руда	0.05
12. Урал, Первомайский рудник, 6-й горизонт, медная руда	0.09
13. Урал, Белогорское месторождение. Горизонт 85 м, медная руда	Не обнаружено
14. Урал, Калата, 22-й блок, горизонт 265 м, медная руда	„
15. Урал, Карпушиха, 2-й блок, горизонт 107 м, медная руда	0.1
16. Урал, Мелентьевское месторождение близ Миасса, богатая свинцово-цинковая руда	0.9
17. Тетюхе (Д. Восток), свинцовый концентрат	0.08

Табл. 2 показывает, что содержание платины в рудах трех месторождений Аллавердской группы составляет менее 0.1 г/т. При запасах руды весьма незначительных (2) оно вряд ли может составить какой-либо интерес для промышленности.

К сожалению у нас нет средних проб руд крупных месторождений Союза (Турлан, Тетюхе, Риддер и др.), чтобы судить о количествах платины в них. В тех случаях, когда при их переработке платина концентрируется в каких-либо продуктах металлургического процесса, вопрос о промышленном ее извлечении может стать актуальным (3). При малых производственных масштабах и примитивной технике, каковые имеют место в Закавказье, погоня за несколькими сотнями грамм платины не может стать рентабельной.

* Качественная проба.

Таблица 2

Содержание платины в рудах месторождения Аллавердской группы

	г/т
Шамлуг	
Валовая проба из штольни Центр. Роже (проба № 1)	0.03
Валовая проба из штольни Вост. Роже (проба № 2)	Не обнаружено
Валовая проба из штольни Новый Вост. Роже (проба № 3)	0.01
Валовая проба из штольни Новый Вост. Роже, вост. часть (проба № 4)	Не обнаружено
То же, цинковая руда (проба № 5)	0.04
То же (проба № 6)	Не обнаружено
То же, пиритная руда, (проба № 7)	Не обнаружено
Средняя проба № 6	0.08
„ „ № 7	0.03
„ „ № 19	0.02
„ „ № 20	0.03
„ „ № 22	0.02
„ „ № 23	0.05
Н. Ахтала	
Штольня № 1, отвал № 1	Не обнаружено
То же, № 2	Не обнаружено
Штольня Сусани-Жорж, цинковый и серно-колчеданный отвал	0.05
Штольня Казна № 3, 2-й уступ	0.05
Штольня Казна № 3	0.1
Аллаверды	
Средняя валовая проба из группы забоев (№ 1)	0.5
Средняя валовая проба из 15 бороздовых проб	Менее 0.05

В итоге произведенных исследований надо отметить:

1) что на примерах семнадцати месторождений СССР установлено повышенное содержание платины в гидротермальных и изверженных сульфидах кислых магм Халькофильные свойства платины в этом случае выступают чрезвычайно резко;

2) для некоторых месторождений дана оценка содержания платины в руде.

Платиновый институт
Академии Наук СССР. Москва.
Государственный оптический
институт. Ленинград.

Поступило
23 IX 1934.

GEOCHEMIE

ÜBER DAS VORKOMMEN DES PLATINS IN SULFIDERZEN

Von O. ZVĬAGINCEV (SWIAGINZEW) und A. FILIPPOV

(*Vorgelegt von N. Kurnakov, Mitglied der Akademie, d. 23. IX. 1934*)

In der vorhergehenden Mitteilung (1) haben wir Daten über das Vorkommen von Platin in polymetallischen Sulfiderzen einiger Lagerstätten in der UdSSR gebracht. Die Erzlager, denen die untersuchten Proben entstammen, hängen mit sauren Magmen zusammen und gehören grösstenteils zu mesothermalen Ablagerungen.

Bei Fortsetzung unserer Arbeiten stellten wir folgende Fragen auf: ist das Vorhandensein von Platin für viele Blei-Zink-Sulfiderze und Kupfer-Sulfiderze charakteristisch, oder bilden die von uns untersuchten Erze von Ridder, Allaverdy u. a. glückliche Ausnahmen? Wie hoch ist der mittlere Platingehalt in den Erzen? Letztere Frage entstand im Zusammenhang mit der Gewinnungsmöglichkeit des Platins in Fällen, wenn sich die Gewinnung als lohnend erweisen sollte. Unsere früheren Angaben beschränkten sich auf den Platingehalt in einzelnen Proben (Stufen), die von der mittleren Zusammensetzung der Erze weit abwichen, und die Zahlen für diese Proben schwankten ausserordentlich sogar inbezug auf ein und dasselbe Erzlager.

I. Analyse der Erze einer Reihe von Lagerstätten der UdSSR

Es wurden Analysen des Platingehaltes von polymetallischen und Kupfer-Erzen aus 17 nach ihrem Charakter und ihrer Herkunft verschiedenen Lagerstätten ausgeführt. Tabelle 1 (S. 134) enthält die Resultate dieser Bestimmungen. Sie zeigen, dass ein hoherer Platingehalt fast für sämtliche Sulfiderze charakteristisch ist.

Es muss also angenommen werden, dass bei der Differenzierung saurer Magmen das Platin, als Element mit chalkophilen Eigenschaften in Sulfide übergeht oder zusammen mit anderen Metallen durch heisse Lösungen fortgetragen und in „aderartigen" Sulfidgebilden abgesetzt wird.

II. Platingehalt in den Erzen

Bei der Analyse der Erze von Ridder und besonders von Allaverdy (Transkaukasien) zeigte es sich, dass manche Proben sehr viel Platin enthalten (20 und sogar 50 g pro T), während andere Erzstufen aus denselben Lagern viel geringere Zahlen ergaben (Zehntel Gramm und weniger pro T). Eine so unregelmässige Verteilung gibt keine Möglichkeit, über die Gesamtmenge des Platins in den Erzen ein Urteil zu fällen. Daher unternahmen wir Analysen der mittleren Proben der Erze mehrerer Lagerstätten, die wir vom Geologischen und Mineralogischen Institut in Moskau erhalten hatten. Diese Proben waren im Sommer 1933 von einer Geologengruppe unter Beteiligung von P. Sakjan und N. Kristin entnommen worden, wobei letzterer eine ständige Verbindung mit uns unterhielt und an den meisten Lagerstätten unmittelbar die Arbeit der Probenentnahme ausführte. Dank der Beteiligung N. Kristins an unserer Arbeit war uns stets zuverlässiges, durchaus wissenschaftlich ausgewähltes Material gesichert.

Wir führen hier nicht die Resultate aller Analysen an, da es uns an Raum dazu fehlt, sondern beschränken uns auf einige charakteristische Bestimmungen, die sich auf die Erzlager der Allaverdy-Gruppe beziehen; Analysen einzelner Proben aus diesen Lagern wurden in unserem ersten Beitrag (1) angeführt.

Tabelle 1.

Charakteristik des analysierten Erzes	Platingehalt in g pro T
1. Ridder, Blei-Zinkerz aus Stollen	0.03
2. Schamlug (Transkaukasien), No 16, Kupfererz	11
3. Allaverdy (Transkaukasien), Kupfer-Zinkerz, mittlere Bruttoprobe No 1	0.5
4. Nov. Achtala, Absturzplätze von Blei-Zinkerz beim Stollen Susann-Georges	0.05
5. Buron (Nordkaukasus), St. No 5, Gesenk No 1, Mitte des Erzkörpers	1.5
6. Mizury (Nordkaukasus), mittlere Probe pro April 1934, Bleierz	0.04
7. Zangezury (Armenien), Schaumjan-Gruppe, südl. Bezirk, Probe eines reichen Blei-Zinkerzes	5
8. Schlucht Mjakansu, Zangezury, Pirdaudanerzader	1.5
9. Insel Vaigatsch, Blei-Zinkerz, Probe erhalten von L. Kulik	*
10. Chibiny, Erz aus dem Molybdänwerk, erhalten von A. Labuncov	*
11. Ural, Karabasch, Stalin-Bergwerk, 6. Horizont (185 m), Kupfererz	0.05
12. Ural, Erste-Mai-Bergwerk, 6. Horizont, Kupfererz	0.09
13. Ural, Lagerstätte von Belogorka, Horizont 85 m, Kupfererz	Nicht nachgewiesen
14. Ural, Kalata, 22. Block, Horizont 265 m, Kupfererz	„
15. Ural, Karpuschicha, 2. Block, Horizont 107, Kupfererz	0.1
16. Ural, Lagerstätte Melentjevskoje (unweit Miass), reiches Blei-Zinkerz	0.9
17. Tetjuche (Ferner Osten), Bleikonzentrat	0.08

Tabelle 2 zeigt, dass der Platingehalt in den Erzen dreier Lagerstätten der Allaverdy-gruppe weniger als 0.1 g pro T ausmacht. Bei den sehr unbedeutenden Erzvorräten an diesem Ort (2) kann von einer industriellen Verwertung wohl kaum die Rede sein. Leider verfügen wir nicht über mittlere Proben aus den grossen Erzlagern der Union (Turlan, Tetjuche, Ridder u. a.), um über deren Platingehalt urteilen zu können. In Fällen, wenn das Platin in irgendwelchen Produkten des metallurgischen Prozesses bei ihrer Verarbeitung konzentriert wird, könnte die Frage der industriellen Gewinnung aktuell werden (3). Bei geringfügigem Betriebe und primitiver Technik, wie das in Transkaukasien der Fall ist, kann die Jagd nach einigen Hundert Gramm Platin nicht rentabel sein.

Die ausgeführten Untersuchungen ergeben also folgende Resultate:

1) In den Proben von 17 Lagerstätten der UdSSR wurde ein erhöhter Platingehalt in hydrothermalen und eruptiven Sulfiden saurer

* Qualitative Probe.

Tabelle 2

Platingehalt in den Erzen der Allaverdy-Lagerstätten

	g/T
Schamlug	
Bruttoprobe aus dem Stollen Zentr. Rozhé (Probe No 1)	0.03
Bruttoprobe aus dem Stollen Ostl. Rozhé (Probe No 2)	Nicht nachzuw.
Bruttoprobe aus dem Stollen Neu-Ost. Rozhé (Probe No 3)	0.01
Bruttoprobe aus dem Stollen Neu-Ost. Rozhé, östlicher Teil (Probe No 4)	Nicht nachzuw.
Ebendaselbst, Zinkerz (Probe No 5)	0.04
Ebendaselbst (Probe No 6)	Nicht nachzuw.
Ebendaselbst, Pyriterz (Probe No 7)	„ „
Mittlere Probe No 6	0.08
„ „ No 7	0.03
„ „ No 19	0.02
„ „ No 20	0.03
„ „ No 22	0.02
„ „ No 23	0.05
N. Achtala	
Stollen No 1, Absturzplatz No 1	Nicht nachzuw.
Stollen No 1, Absturzplatz No 2	„ „
Stollen Susann-Georges, Zink- und Pyrit-Absturzplatz	0.05
Stollen Kazna No 3, 2. Stufe	0.05
Stollen Kazna No 3	0.1
Allaverdy	
Mittlere Bruttoprobe aus der Anbruchgruppe No 1	0.5
Mittlere Bruttoprobe aus 15 Furchenproben	Unter 0.05

Magmen konstatiert. Die chalkophilen Eigenschaften des Platins treten in diesem Falle ausserordentlich klar zutage.

2) Für einige Lagerstätten wird eine Abschätzung des Platingehaltes im Erz gegeben.

Platin-Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Moskau.
Optisches Institut. Leningrad.

Eingegangen d. 28. IX. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] О. Е. Звягинцев, В. В. Лебединский и А. Н. Филиппов. ДАН, н. с., № 4, 1933. O. Zviagincev, V. Lebedinskij u. A. Filippov. C. R. Acad. Sci. URSS, nouv. série, № 4, 1933. [2] Тр. IV Всес. геол. конф. по цветным металлам, в. III, стр. 22, 1932. Schrift. geolog. Konfer. UdSSR farbig. Metalle, Lief. III, S. 22, 1932. [3] О. Е. Звягинцев. Цветные металлы, 1932, № 7—8. O. Zviagincev. Farbige Metalle, 1932, № 7—8.

ГЕОХИМИЯ

О. Е. ЗВЯГИНЦЕВ и А. Н. ФИЛИППОВ

О СОДЕРЖАНИИ ПЛАТИНЫ В МИНЕРАЛАХ СЕРНИСТЫХ РУД

(*Представлено академиком Н. С. Курнаковым 23 IX 1934*)

В нашей работе ([1,2]) мы доказали, что сульфидные руды, особенно гидротермальных месторождений, содержат платину в количествах порядка 10^{-8}—10^{-5}.

Руды представляют собой сложные породы, образованные многими минералами. Поэтому естественно возникает вопрос, с какими из составляющих руду минералами ассоциируется платина.

При изучении платиносодержащих сульфидов южноафриканских месторождений Шнейдерген ([3]) нашел, что халькопирит не содержит платины, в то время как никельсодержащий пирит концентрирует в себе платину. Нами были проделаны определения платины в 11 образчиках чистых минералов, выделенных под микроскопом из руды Шамлугского месторождения Аллавердского района. Вся работа по получению мономинеральных образцов производилась Н. Г. Кристиным и его помощниками в Институте геологии и минералогии. Результаты определений приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Содержание платины в отдельных минералах, составляющих руду Шамлугского месторождения в мг/кг

Галенит с гориз. № 8	1.0
„ „ „ № 13	2.0
Сфалерит „ „ № 8	0.4
Пирит „ „ № 23	не обнаружено
„ „ „ № 22	„ „
„ „ „ № 34	„ „
Халькопирит с гориз. № 23	„ „
„ „ „ № 43	1.0
„ „ „ № 44	не обнаружено
Кварц с гориз. № 13	„ „
Гипс „ „ № 13	„ „
„ „ „ № 42	„ „

Минералы, несодержащие тяжелых металлов, а также пирит, не содержат платины; халькопирит только в одном случае содержал платину, остальные образчики его не дали положительных результатов при пробе на Pt. Галенит во всех случаях содержал платину в количествах бо́льших, чем другие минералы. Сфалерит из шамлугской руды также содержит небольшое количество Pt. Нами был получен хороший образец сфалерита из руды Зангезурского района (Закавказье, Армения) из Шаумянского месторождения. Из этой же руды выделен галенит и пирит. Все

три минерала проанализированы на платину и дали положительный результат:

Галенит из образца руды Шаумянского рудника (Зангезуры)	5 мг/кг
Сфалерит из того же образца	1.5 „
Пирит из того же образца	0.5 „

Так же как и в предыдущих случаях наибольшее количество платины ассоциируется со свинцом.

Этот вывод находится в согласии с нашими результатами (1) анализов свинцового и цинкового концентратов Риддерской обогатительной фабрики, которые показывают, что платина накапливается в свинцовом концентрате.

Такое отношение платины к свинцу несколько неожиданно, так как предвидеть его на основании геохимических закономерностей распределения элементов по сходству атомных или ионных радиусов нельзя: атомный радиус свинца 1. 74 Å, платины 1.38 Å (4). Противоречие может разъясниться лишь при дальнейших исследованиях, когда выяснится, в какой форме платина находится в сульфидах.

Таблица 2 — Tabelle 2

Состав руды Буронского месторождения (Сев. Кавказ)
Zusammensetzung der Erze der Buron-Lagerstätte (N. Kaukasus)

Составные части Bestandteile	Образец № 1 шт. № 6 Probe No 1 Stollen No 6	Образец № 3 шт. № 5 Probe No 3 Stollen No 5	Образец № 17 шт. № 3 Probe No 17 Stollen No 3	Образец № 19 шт. № 3 Probe No 19 Stollen No 3
SiO_2 (%)	25.47	18.18	0.35	0.45
S	26.09	30.34	39.53	31.35
Al_2O_3	1.28	4.77	3.53	2.33
CaO	0.69	0.41	0.24	0.78
MgO	0.91	0.93	0.34	1.15
Fe	35.98	36.28	43.22	45.47
Cu	5.83	4.60	0.73	0.55
Pb	0.84	Нет — Nicht gefunden		1.87
Zn	2.14	1.82	6.34	8.30
Pt (в г/т)	2.0	6.0	2.0	0.3

Здесь уместно отметить, что платина находится не только со свинцом, а в некоторых случаях содержится в заметных количествах в рудах, несодержащих свинца; к таковым относятся образцы №№ 3 и 17 медной руды из Буронского месторождения, которые по нашим определениям содержат платину. Анализы этих руд приведены в табл. 2.

Платиновый институт
Академии Наук СССР. Москва.
Государственный оптический институт.
Ленинград.

Поступило
23 IX 1934.

ÜBER DEN PLATINGEHALT IN MINERALEN DER SULFIDERZE

Von O. ZVĬAGINCEV (SWIAGINZEW) und A. FILIPPOV

(*Vorgelegt von N. Kurnakov, Mitglied der Akademie, d. 23. IX. 1934*)

In unseren Arbeiten ([1,2]) haben wir nachgewiesen, dass Sulfiderze, besonders solche von hydrothermalen Lagerstätten, einen Platingehalt von 10^{-8} bis 10^{-5} bieten. Die Erze stellen komplizierte, aus vielen Mineralien gebildete Gesteine dar. Daher entsteht naturgemäss die Frage: mit welchen, das Erz zusammensetzenden Mineralen ist das Platin assoziiert?

Schneiderhöhn (3) hat beim Studium der platinhaltigen Sulfide der südafrikanischen Erzlager gefunden, dass Chalkopyrit kein Platin enthält, während nickelhaltiges Pyrit das Platin in sich konzentriert. Wir haben die Bestimmung des Platingehaltes in 11 Proben reiner Mineraleausgeführt, die unter dem Mikroskop aus dem Erze des Schamlug-Lagers des Allaverdy-Bezirkes isoliert worden waren. Die ganze Arbeit der Gewinnung monomineraler Proben wurde von N. Kristin und seinen Mitarbeitern im Institut für Geologie und Mineralogie (Moskau) ausgeführt. Die Resultate der Bestimmungen sind in Tabelle 1 angeführt

Tabelle 1

Platingehalt der einzelnen das Erz des Schamlug-Lagers zusammensetzenden Minerale in mg pro kg

Galenit vom Horizont No 8 .	1.0	Chalkopyrit vom Horizont No 43	1.0
„ „ „ No 13 .	2.0	Chalkopyrit vom Horizont No 44	Nicht nachgew.
Sphalerit „ „ No 8	0.4		
Pyrit „ „ No 23 .	Nicht nachgew.	Quarz vom Horizont No 13 . .	„
„ „ „ No 22 .	„	Gyps „ „ No 13 . .	„
„ „ „ No 34 .	„	„ „ „ No 42 . .	„
Chalkopyrit vom Horizont No 23	„		

Minerale, die weder schwere Metalle noch Pyrit anfweisen, enthalten kein Platin; Chalkopyrit enthielt nur in einem Falle Platin, die übrigen Proben dieses Minerals ergaben bei Prüfung auf Platin kein positives Resultat. Galenit enthielt in allen Fällen grössere Mengen Platin, als andere Minerale. Sphalerit aus dem Schamlug-Erz enthält ebenfalls eine geringe Quantität Pt. Wir erhielten eine gute Sphaleritprobe aus dem Erz des Zangezury-Bezirkes (Transkaukasien, Armenien) vom Schaumjan-Lager. Aus demselben Erz wurden Galenit und Pyrit isoliert. Alle drei Minerale wurden auf Platin hin analysiert und ergaben ein positives Resultat:

Galenit aus der Erzprobe aus dem Schaumjan-Bergwerk (Zangezury)	5 mg pro kg
Sphalerit aus derselben Probe	1.5 „ „ „
Pyrit aus derselben Probe	0.5 „ „ „

Ebenso wie in den vorhergehenden Fällen ist die grösste Platinmenge mit Blei assoziiert.

Dieses Ergebnis stimmt mit unseren Resultaten (1) der Analysen der Blei- und Zinkkonzentrate des Bereicherungswerkes von Ridder überein, aus denen sich ergibt, dass das Platin im Bleikonzentrat angehäuft wird.

Ein solches Verhältniss des Platin zum Blei ist eher unerwartet, da es auf Grund der geochemischen Gesetzmässigkeiten der Elementenverteilung nach der Ähnlichkeit der Atom- oder Ionenradien nicht vorauszusehen war: der Atomradius des Bleies beträgt 1.74 Å, der des Platins — 1.38 Å (4). Der Widerspruch kann nur durch künftige Forschungen geklärt werden, sobald festgestellt sein wird, in welcher Form das Platin in den Sulfiden vorhanden ist.

Es sei hier bemerkt, dass Platin nicht nur zusammen mit Blei vorkommt, sondern in manchen Fällen auch in nicht bleihaltigen Erzen, in merklicher Quantität vorhanden ist; hierher gehören die Proben №№ 3 und 17 des Kupfererzes aus der Buron-Lagerstätte, die nach unseren Analysen Platin enthalten. Die Analysen dieser Erze sind in Tabelle 2 (S. 345) angeführt.

Platin-Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Moskau.
Optisches Institut. Leningrad.

Eingegangen d. 23. IX. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

1 О. Е. Звягинцев, В. В. Лебединский и А. Н. Филиппов. ДАН, № 4, н. с., 1933. O. Zviagincev, V. Lebedinskij et A. Filippov. C. R. Acad. Sci. URSS, nouv. sér., No 4, 1933. 2 О. Е. Звягинцев и А. Н. Филиппов. ДАН, 1935, т. I, № 2—3. O. Zviagincev u. A. Filippov. C. R. Acad. Sci. URSS, 1935, v. I, No 2—3. 3 П. Вагнер. Месторождения платины и рудники Ю. Африки. Перев. под ред. А. Н. Заварицкого. 1932. гл. XVII (написана Г. Шнейдерген). P. Wagner. Platinum Deposits and Mines of South Africa. Kap. XVII (von H. Schneiderhöhn). 4 А. Ферсман. Геохимия. Т. I, стр. 94, 1933. A. Fersmann. Geochemie. Bd. I, S. 94, 1933.

БИОХИМИЯ

Е. И. СОТНИКОВ и Т. Я. ПАЛЕЙ

СТОЙКОСТЬ КИСЛОТООБРАЗОВАНИЯ РАС *ASPERGILLUS NIGER*

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 3 XI 1934*)

Производство лимонной кислоты, в которой ощущает острый недостаток ряд отраслей промышленности, находится в настоящее время в СССР в стадии своего практического разрешения. Для успешной организации производства лимонной кислоты из сахара грибком *Aspergillus niger* приобретает теоретическое и практическое значение вопрос: является ли способность кислотообразования расовым признаком отдельных штаммов *Asp. niger?* Бернгауер (1, 2) и Буткевич (3) высказывают ту мысль, что образование кислот, и в частности лимонной кислоты, является расовым признаком, свойственным только определенным штаммам гриба. Активная раса, по мнению Бернгауера, будет производить лимонную кислоту при всяких условиях. Противоположного мнения придержи-

ваются Костычев и Берг (4). Они отрицают специфичность отдельных штаммов плесневых грибов и считают „весьма сомнительным, чтобы способность образовывать лимонную кислоту была свойственна каким-то отдельным прочным штаммам“. Способность образовывать лимонную кислоту, по их мнению, представляет собой физиологическое явление общего порядка. Несомненно, что уже опубликованный экспериментальный материал по характеристике кислотообразования отдельных штаммов плесневых грибов еще не достаточен для исчерпывающего ответа на этот вопрос. В самом деле, среди штаммов *Asp. niger* действительно имеются многочисленные группы как активных, так и неактивных кислотообразователей. Характерным признаком неактивных штаммов является то, что они при самых разнообразных, в том числе и при благоприятных для кислотного брожения условиях чрезвычайно слабо превращают углеводы в органические кислоты. Такое поведение неактивных групп *Asp. niger*, по нашему мнению, наиболее ярко демонстрирует тот факт, что способность мощного кислотообразования, которой они повидимому совсем не обладают, есть физиологический признак отдельных штаммов плесневых грибов.

Активные штаммы *Asp. niger*, наоборот, обычно характеризуются почти полным отсутствием стойкости в кислотообразовании. Малейшие, зачастую неуловимые, воздействия обусловливают резкие колебания в кислотообразовании этой группы и только при строго определенных условиях они проявляют свою способность мощного превращения углеводов в органические кислоты. Возникает вопрос: существуют ли такие штаммы *Asp. niger*, которые при резких колебаниях в условиях роста и брожения не утрачивали бы свою способность мощного кислотообразования, т. е. обладали бы стойкостью повышенного кислотообразования?

В этом отношении представляет большой интерес характер кислотообразования штамма Z_1, выделенного из одной конидии одним из авторов этой статьи — Т. Я. Палей. Штамм Z_1, будучи испытан нами в таких условиях, при которых другие активные штаммы *Asp. niger* обычно резко понижают кислотообразование, оказался весьма устойчивым в своей способности повышенного кислотообразования. Резкие колебания в кислотообразовании активных штаммов *Asp. niger* наблюдаются, главным образом, благодаря тому, что во время роста мицелия гриба на питательном растворе он подвергается следующим воздействиям: 1) изменению сроков выращивания мицелия — лучшим сроком роста считается 2—3 дня (4); 2) изменению концентрации сахара — лучшей концентрацией считается 20% сахара; 3) изменению источников азота — лучшим источником азота рекомендуется NH_4NO_3 (8, 9, 1); 4) загрязнению активного штамма неактивными расами *Asp. niger* (10). Все эти воздействия были произведены нами на мицелии штамма Z_1 при его выращивании на питательном растворе Костычева (5) с целью выявления характера кислотообразования на бродильных растворах, содержащих 20% чистого сахара [в таблицах „без $Mg(NO_3)_2$“] и 20% сахара + 0.3% $Mg(NO_3)_2$ [в таблицах „с $Mg(NO_3)_2$“]. Во всех опытах брожение продолжалось 4 дня. Результаты влияния сроков роста на питательной смеси Костычева, как нашего опыта со штаммом Z_1, так и данные Костычева и Берг (4) и Протодьяконова (6), представлены в табл. 1. Рост гриба в опытах Костычева и Берг и Протодьяконова происходил на питательном растворе Костычева, бродильный же раствор содержал 20% чистого сахара [т. е. соответствовал нашим данным „без $Mg(NO_3)_2$“].

Таблица 1 — Table 1

Данные Костычева и Берг. Kostyčev and Berg's data		Данные Протодьяконова. Protodjakonov's data		Наш опыт. Our experiment		
Продолжительность роста в днях. Duration of growth in days	Лимонная кислота в г. Citric acid in grams	Продолжительность роста в днях. Duration of growth in days	Лимонная кислота в г. Citric acid in grams	Продолжительность роста в днях. Duration of growth in days	Лимонная кислота в граммах. Citric acid in grams: с $Mg(NO_3)_2$. With $Mg(NO_3)_2$	Лимонная кислота в граммах. Citric acid in grams: без $Mg(NO_3)_2$. Without $Mg(NO_3)_2$
2	9.02	2	7.56	2	11.72	12.71
3	5.62	3	6.01	5	11.55	10.22
6	3.17	5	2.48	7	11.32	8.50

Выводы из табл. 1. 1) Штаммы *Asp. niger*, которыми пользовались Костычев и Берг и Протодьяконов, уже на 5-й и 6-й день роста понизили энергию брожения в 3 раза по сравнению с энергией брожения 2-дневного роста, в то время как штамм Z_1 за тот же срок почти не снижает энергии брожения. 2) Энергия брожения штамма Z_1 совершенно не снижается и становится таким образом независимой от продолжительности роста мицелия на питательной смеси, по крайней мере в течение 7 дней роста, при брожении на растворе, содержащем сахар + $Mg(NO_3)_2$. Результаты влияния источников азота на энергию брожения представлены в табл. 2. Мицелий выращивался 2 дня на питательной смеси Костычева, содержащей разные источники азота по 100 мг азота на 100 $см^3$ раствора. Бродильный раствор Костычева и Дрбоглава содержал 20% чистого сахара.

Таблица 2 — Table 2

Опыт Костычева и Дрбоглава. Kostyčev and Drbeglav's experiment		Наш опыт. Our experiment		
Источники азота в питательном растворе. Nitrogen sources in the nutrient solution	Лимонная кислота в граммах. Citric acid in grams	Источники азота в питательном растворе. Nitrogen sources in the nutrient solution	Лимонная кислота в г. Citric acid in grams: с $Mg(NO_3)_2$. With $Mg(NO_3)_2$	Лимонная кислота в г. Citric acid in grams: без $Mg(NO_3)_2$. Without $Mg(NO_3)_2$
NH_4NO_3	4.21	NH_4NO_3	11.72	12.71
$(NH_4)_2SO_4$	0.25	NH_4Cl	11.27	12.60
KNO_3	0.70	$NaNO_3$	10.11	11.27

Выводы из табл. 2. 1) В опыте Костычева и Дрбоглава (5) штамм *Asp. niger*, которым они пользовались, давал незначительные количества лимонной кислоты, будучи выращенным на аммиачном или нитратном азоте по сравнению с мицелием, выросшем на NH_4NO_3. 2) Штамм Z_1 совершенно не снижает энергии брожения при замене одного источника минерального азота другим. Таким образом, и в этом случае штамм Z_1 показал стойкость повышенного кислотообразования.

Результаты влияния примесей неактивных штаммов *Asp. niger* на энергию брожения штамма Z_1 представлены в табл. 3. При составлении смесей по 50% спор каждого штамма были взяты в качестве заведомо неактивных штаммы K_5 и F. Штамм K_5 внешне почти ничем не отличается от штамма Z_1 в то время как штамм F резко отличается от него морфологически.

Таблица 3 — Table 3

Бродильные растворы Fermentation solutions	Лимонная кислота в граммах Citric acid in grams				
	Z_1	K_5	$Z_1 + K_5$	F	$Z_1 + F$
С $Mg(NO_3)_2$ With $Mg(NO_3)_2$	12.36	2.40	10.41	3.37	2.27
Без $Mg(NO_3)_2$ Without $Mg(NO_3)_2$	11.13	1.97	10.53	3.65	2.24

Выводы из табл. 3. Энергия брожения штамма Z_1 очень мало снижается, если он будет загрязнен до 50% штаммом типа K_5, и наоборот его энергия кислотообразования полностью подавляется при брожении как в присутствии, так и отсутствии $Mg(NO_3)_2$, если он будет загрязнен штаммами типа F. Между этими двумя крайностями, очевидно, должны существовать ряды промежуточных соотношений.

При уменьшении концентрации сахара в питательном растворе от 20% до 5%, что имеет существенное производственное значение, энергия брожения штамма Z_1 осталась на высоком уровне без изменений. Этот момент наглядно демонстрируется в табл. 4.

Таблица 4 — Table 4

Концентрация сахара в % Sugar concentration in percentage	Лимонная кислота в граммах Citric acid in grams	
	С $Mg(NO_3)_2$ With $Mg(NO_3)_2$	Без $Mg(NO_3)_2$ Without $Mg(NO_3)_2$
20	11.72	12.71
10	10.73	12.16
5	10.52	11.66

Характеристику кислотообразования внешне сходных между собой различных штаммов *Asp. niger*, выделенных из одной конидии, мы провели по способу одного из авторов этой статьи ([7]), т. е. путем 2-дневного роста мицелия грибов на 25% сусле и 4-дневного брожения на 20% сахарном растворе + 0.3% $Mg(NO_3)_2$ в целях сравнения полученных данных с той характеристикой кислотообразования, которую эти штаммы получили при испытании по способу Костычева ([5]). Результаты сравнения представлены в табл. 5.

Таблица 5 — Table 5

Наименование штампа Names of the strains	Лимонная кислота в граммах Citric acid in grams							
	Z_1	B_{50}	8_1	13	$B_{50}(_2)$	10*a*	33	8_2
По способу Костычева By Kostyčev's method	11.21	11.2	10.92	10.64	8.50	4.50	4.35	2.64
По способу Сотникова By Sotnikov's method	9.95	10.4	9.6	9.46	9.46	10.78	9.90	10.02

Выводы из табл. 5. 1) Все штаммы *Asp. niger*, испытанные по способу Сотникова, дали колебания в выходе кислот в узких пределах от 9.46 до 10.78 г лимонной кислоты на 20 г сахара. 2) Характеристика кислотообразования тех же штаммов *Asp. niger* по способу Костычева дает колебания в широких пределах от 2.64 до 11.21 лимонной кислоты на 20 г сахара. Таким образом, если отбор активных штаммов *Asp niger* производить брожением по способу Костычева, может возникнуть опасность отнесения некоторых активных кислотообразователей в группу неактивных. 3) Штаммы 8_2, 33, 10*a* сильно реагировали повышением кислотообразования на прибавку $Mg(NO_3)_2$, в то время как штаммы Z_1, B_{50}, 8_1, 13 дали заметное уменьшение кислотообразования при внесении $Mg(NO_3)_2$ в бродильный раствор. Очевидно, эти группы *Asp. niger* или совсем не нуждаются в прибавке $Mg(NO_3)_2$, так как они может быть без нее уже дают предельный выход лимонной кислоты, или испытанная прибавка $Mg(NO_3)_2$ не явилась для них оптимальной.

Общий вывод, к которому мы приходим в результате исследования характера кислотообразования штамма Z_1, заключается в том, что способность и стойкость повышенного кислотообразования является физиологическим признаком отдельных штаммов плесневых грибов.

Лаборатория биохимии и физиологии растений Академии Наук СССР и Институт пищевой промышленности. Ленинград.

Поступило 3 XI 1934.

BIOCHEMISTRY

STABILITY OF *ASPERGILLUS NIGER* RACES AS REGARDS ACID PRODUCTION

By E. SOTNIKOV and T. PALEJ

(Communicated by A. Richter, Member of the Academy, 3.XI.1934)

The production of citric acid, an acute lack whereof is felt in a number of industries, has now reached in the USSR the stage of practical realization. The question of whether the acid-producing powers are a racial character of the individual *Aspergillus niger* strains is both of theoretical and practical importance for the successful organization of citric acid production from sugar by the *Aspergillus niger* fungi. Bernhauer [1, 2] and Butkevič [3] believe the formation of acids, and in particular of citric acid, to be a racial character of definite strains of this fungus only. An active race, according to Bernhauer, produces citric acid under all conditions. Kostyčev and Berg [4] are of the opposite opinion. They deny the specificity of the different mould strains and consider 'it most doubtful that the acid-producing powers should form the property of certain definite stable strains'. In their opinion, the acid-producing power is a physiological phenomenon of a general character. In fact, the experimental material already published on the characteristics of the acid production of individual mould strains is as yet insufficient for a solution of this question. For, actually, there are among the *Aspergillus niger* strains numerous groups of both active and inactive acid-producers. A characteristic property of the inactive strains consists in their very feeble transformation of carbohydrates into organic acids under different conditions, including the most favourable ones for acid fermentation. Such behaviour on the part of inactive *Aspergillus niger* groups seems to us to demonstrate very clearly the fact that the powers of energetic acid formation, which they appear to lack entirely, is a physiological property of definite mould strains.

Active *Aspergillus niger* strains, on the other hand, are usually characterized by an almost entire absence of stability as regards acid formation. Very slight, often indeterminable influences cause sharp fluctuations in the acid production of this group, which develops its powers of energetic transformation of carbohydrates into organic acids only under strictly definite conditions. The question now rises whether there exist such *Aspergillus niger* strains as do not lose their powers of energetic acid formation under the influence of marked changes in the conditions of growth and fermentation, i. e., possess stability as regards their powers of energetic acid production.

In this respect of great interest is the character of acid production of the Z_1 strain isolated from one conidium by T. Paley, one of the authors of this paper. The Z_1 strain, on being subjected to conditions under which other active *Aspergillus niger* strains usually markedly lower their acid production, showed great stability in its powers of energetic acid production. Sharp fluctuation in the acid production of active *Aspergillus niger* strains was mainly observed as a consequence of the effect of the following influences during the growth of the fungus on nutrient solution: 1) change of period of mycelium growth [the best period of growth is accounted to be

2 to 3 days (4)]; 2) change in the concentration of sugar (the best concentration is considered to be 20 per cent); 3) change of the nitrogen sources [NH_4NO_3 (8, 9, 1) is recomended as the best source of nitrogen]; 4) contamination of the active strain by inactive *Aspergillus niger* strains. We subjected the mycelium of the Z_1 strain to these influences during its growth on Kostyčev's nutrient solution (5) to disclose the character of acid formation on fermentation solutions containing 20 per cent pure sugar [in the Tables 'without $Mg(NO_3)_2$'] and 20 per cent sugar + 0.3 per cent $Mg(NO_3)_2$ [in the tables 'with $M_2(NO_3)_2$']. In all the tests fermentation was continued for 4 days. The effect of the duration of growth on Kostyčev's synthetic medium, according to our experiments with the Z_1 strain as well as those of Kostyčev and Berg (4) and Protodjakonov (6), are shown in Table 1 (p. 141). The growth of the fungus in the experiments of Kostyčev and Berg and of Protodjakonov took place on Kostyčev's liquid synthetic medium, and the fermentation solution contained 20 per cent pure sugar [i. e., corresponded to our data 'without $(Mg(NO_3)_2)$']].

Conclusions from Table 1. 1) The *Aspergillus niger* strains used by Kostyčev and Berg and Protodjakonov on the 5th and 6th day of growth decreased their energy of fermentation to a third as compared with that on the second day of growth, while the Z_1 strain hardly decreased its energy of fermentation at all. 2) The energy of fermentation of the Z_1 strain does not decrease at all and so appears to be independent of the duration of mycelium growth on nutrient medium, in any case during a seven day period of growth and with fermentation in a solution containing sugar + $Mg(NO_3)_2$. The effect of the source of nitrogen on the energy of fermentation is shown in Table 2 (p. 141). The mycelium was cultivated for 2 days on Kostyčev's synthetic medium containing 100 mg of nitrogen of different sources per 100 cm^3 of solution. Kostyčev and Drboglav's fermentation solution contained 20 per cent pure sugar.

Conclusions from Table 2. 1) In Kostyčev and Drboglav's (5) experiment the *Aspergillus niger* strain they used yielded insignificant quantities of citric acid, when cultivated on ammoniacal or nitrate nitrogen, as compared with mycelium cultivated on NH_4NO_3. 2) The Z_1 strain does not in the least lower its energy of fermentation on the replacement of one source of mineral nitrogen by another. Thus, the Z_1 strain has in this case likewise shown an undiminishing production of acid.

The effect of the addition of inactive *Aspergillus niger* strains on the energy of fermentation of the Z_1 strain is shown in Table 3. In forming mixed cultures, 50 per cent were taken of the spores of each strain, the strains K_5 and F being used as definitely inactive strains. The K_5 strain hardly differs outwardly from the Z_1 strain, while the F strain markedly differs from it in respect of its morphological characteristics.

Conclusions from Table 3. The fermentation energy of Z_1 strain decreases very little, if it is contaminated up to 50 per cent by the K_5 type, but, on the other hand, its energy of acid production is almost wholly suppressed when fermentation sets in, both in the presence and absence of $Mg(NO_3)_2$, on contamination with strains of the F type. It is obvious that there must exist series of intermediate interrelations between these two extremes.

On decreasing the sugar concentration in the nutrient solution from 20 to 5 per cent, the fermentation energy of Z_1 strain remained at a high level, which fact is of great importance from the industrial viewpoint. This is very clearly shown in Table 4 (p. 142).

In order to characterize the acid production of different *Aspergillus niger* strains isolated from one conidium and similar in appearance, we availed ourselves of the method used by one of the present writers (7), i. e., by a two days growth of the mycellium of the fungus on 25 per cent wort and a four day fermentation on a 20 per cent sugar solution + 0.3 per cent $Mg(NO_3)_2$, so as to compare the data obtained with those of acid production by Kostyčev's method (5). Table 5 shows the results of the comparison (p. 143).

Conclusions from Table 5. 1) All the *Aspergillus niger* strains tested by Sotnikov's method showed fluctuations in acid yield within narrow limits of from 9.46 to 10.78 grams of citric acid per 20 grams of sugar. 2) The same *Aspergillus niger* strains tested by Kostyčev's method show fluctuations in acid yield within wide limits of from 2.64 to 11.21 grams of citric acid per 20 grams of sugar. Thus, if the selection of active *Aspergillus niger* strains be performed by Kostyćev's method, there is a danger of referring some active acid producers to the inactive groups. 3) The 8_2, 33, and 10*a* strains responded to the addition of $Mg(NO_3)_2$ by increased acid production, while Z_1, B_{50}, 8_1, and 13 showed a noticeable decrease in acid production on the addition of $Mg(NO_3)_2$ to the fermenting solution.

It is obvious that either this *Aspergillus niger* group does not need the addition of $Mg(NO_3)_2$, as it gives its maximum citric acid yield without such an addition, or the quantity of $Mg(NO_3)_2$ added was not the optimum.

The general conclusion arrived at as a result of our investigations of the citric acid production by the Z_1 strain, is that the capacity of undiminishing energetic production of citric acid is a physiological character of individual strains of mould fungi.

Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology,
Academy of Sciences of the USSR.
Institute of Food Industry.
Leningrad.

Received
3.XI.1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] K. Bernhauer. Bio. ZS., Bd. 197, H. 4—6, 1928. [2] K. Bernhuaer, Duda u. Siebenäuger. Bio. ZS., Bd. 230, H. 4—6, 1931. [3] В. Буткевич и С. Баринова. Труды Биох. инст. пищ. и вкус. пром., т. II, вып. 5, 1932. V. Butkevič and S. Barinova. Transactions of the Biochemical Institute of Food Industry, vol. II, No 5, 1932. [4] С. Костычеви В. Берг. Труды Всесоюзн. инст. сель.-хоз. микробиологии ВАСХНИЛ, т. 5, 1933. S. Kostyčev and B. Berg. Transactions of the All-Union Institute of Agricultural Microbiology, vol. 5, 1933. [5] С. Костычев. Труды Биох. инс-т. пищ. и вкус. пром., т. II, вып. 3, 1932. S. Kostyčev. Transactions of the Bichem cal Institute of Food Industry, vol. II, No 3, 1932. [6] О. Протодьяконов. Труды Всесоюзн. инст. сель.-хоз. микробиологии ВАСХНИЛ, т. 5, 1933. O. Protodjakonov. Transactions of the All-Union Institute of Agricultural Microbiology, vol. 5, 1933. [7] Е. Сотников. ДАН, т. III. № 4, 1934. E. Sotnikov. C. R. Acad. Sci. URSS, vol. III, No 4, 1934. [8] J. Currie. J. Biol. Ch., 31, 15 (1917) [9] Falk u. van Beyma. Ber. d. D. Ges., Bd. 57, S. 945 (1924). [10] Т. Палей Труды ЦЕНПИ, 1934 (в печати). T. Palej. Transactions of the Central Institute of Industry, 1934 (in press).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПЕТРОГРАФИЯ

Н. А. ТОРОПОВ

ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМИНАТОВ БАРИЯ

(*Представлено академиком А. А. Борисяком 2 IX 1934*)

Алюминаты щелочноземельных металлов за исключением алюминатов кальция и магния представляются до сих пор еще очень слабо изученными. Соединения эти, помимо теоретического интереса, начинают приобретать также и крупное техническое значение. В частности, можно указать на баритовый вариант процесса Кузнецова-Жуковского, заключающийся в получении глинозема из высококремнистых бокситов путем промежуточного изготовления именно алюминатов бария. В химической и физико-химической литературе имеются очень немногочисленные сведения по интересующему нас вопросу. Так в работе Е. Мартина [1] описываются выделенные путем обезвоживания различных гидратов окиси бария и глинозема, два безводных алюмината типа $11BaO \cdot 10Al_2O_3$ и $n(3BaO \cdot Al_2O_3) \cdot 3BaO\,Al_2O_3$ был также описан Е. Енеке [2], получившим таковой сплавлением в вольтовой дуге соответственной смеси $BaCO_3$ и Al_2O_3. Опыт, проведенный в подобных условиях, неизбежно, однако, должен был вызвать сильную карбидизацию материала и его негомогенность, на что сам Енеке и указывает. $3BaO \cdot Al_2O_3$ здесь описывается как изотропный, обладающий светопреломлением выше чем 1.74. Кроме того в патентной литературе нами были найдены указания на существование алюминатов типа $2BaO \cdot Al_2O_3$ [3] и $BaO \cdot 2Al_2O_3$ [4]. Х. Вартенберг и Х. Реуш [8], исследуя кривую плавкости системы $BaO—Al_2O_3$, также не прибегая к точному определению фаз, смогли обнаружить только один алюминат $BaO \cdot Al_2O_3$, с температурой плавления в $2000 \pm 40°$. Ни в одном случае, однако, не имеем надежной микроскопической или рентгенометрической проверки однородности полученных индивидов. Приступив к изучению двойной системы $BaO — Al_2O_3$, являющейся частью нашего более общего исследования тройной системы $BaO — Al_2O_3 — SiO_2$, мы встретились с весьма значительными экспериментальными трудностями. Сюда прежде всего следует отнести необычайную химическую активность окиси бария, реагировавшей решительно со всякими огнеупорными тиглями, а затем также и весьма значительную тугоплавкость алюминатов бария. Поэтому для приготовления двойных сплавов окиси бария с глиноземом мы прибегли к пламени гремучего газа. Измерение температур производилось по предложенному Х. С. Никогосяном способу изготовления конусов посредством проплавления цилиндриков, спресованных из смесей соответствующих составов, и последующего определения температур плавления этих конусов. Метод проверялся на конусах, изготовленных из смесей CaO и Al_2O_3, и дал степень точности $b \pm 20°$ С.

Изготовив серию двойных расплавов и исследовав полученные продукты микроскопически, мы получили следующие результаты (см. таблицу на стр. 148).

Большинство опытов явилось результатом многократных повторений одинаковых операций, и цифры, приводимые в таблице, являются средними обычно из трех или четырех определений. Всего нами в двойных сплавах было обнаружено 3 химических соединения, повидимому плавящихся конгруэнтно. Соединениями этими являются:

№№ опыта №№ des Versuches	Весовые % Gewichts %		Определение фазы Bestimmte Phasen	Температура плавления конусов в °С Schmelztemperaturen der Kegel
	BaO	Al_2O_3		
28	60	40	$BaO \cdot Al_2O_3$	1820
61	65	35	$BaO \cdot Al_2O_3 + 3BaO \cdot Al_2O_3$	1810
51	75	25	$3\,BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot Al_2O_3$	1860
36	55	45	$BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot 6Al_2O_3$	1730
67	70	30	$3\,BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot Al_2O_3$	1875
181	70	30	$3\,BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot Al_2O_3$	
177	75	25	$3\,BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot Al_2O_3$	
109	60	40	$BaO \cdot Al_2O_3$	
84	71.8	28.2	$3\,BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot Al_2O_3$	
31	47.4	52.6	$BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot 6Al_2O_3$	
90	82	18	$3\,BaO \cdot Al_2O_3$	
63	22	78	$BaO \cdot 6Al_2O_3$	1860
45	33	67	$BaO \cdot 6\,Al_2O_3 + BaO \cdot Al_2O_3$	1860
121	51	49	$BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot 6Al_2O_3$	
126	40	60	$BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot 6Al_2O_3$	
128	48	52	$BaO \cdot Al_2O_3 + BaO \cdot 6Al_2O_3$	1720
198	60.2	39.8	$BaO \cdot Al_2O_3$	
174	83.6	16.4	$3\,BaO \cdot Al_2O_3$	
129	18	82	$BaO \cdot 6\,Al_2O_3 + Al_2O_3$	
62	22	78	$BaO \cdot 6Al_2O_3$	
66	22	78	$BaO \cdot 6Al_2O_3$	
91	2	98	$\alpha\ Al_2O_3$	

1. $3BaO \cdot Al_2O_3$ или $BaAl_2O_6$ — трехбариевый алюминат, обладающий значительной растворимостью в воде, также гидратизирующийся влагой атмосферного воздуха. Микроскопически характеризуется табличатой и сферолитовой кристаллизацией, сильным светопреломлением $N_m = 1.735$ и слабым двупреломлением $N_g - N_p = 0.009$. Удельный вес, определенный в тулоидине при 25° С · $d^{t°}_{25°} = 4.54 \pm 0.01$. Расплавить не удалось в виду интенсивной гидратизации на воздухе.

2. $BaO \cdot Al_2O_3$ или $BaAl_2O_4$ — моноалюминат бария, кристаллизующийся в неправильных или шестиугольных зернах кубической системы. Светопреломление $N = 1.683 \pm 0.002$. Без спайности. В воде легко растворяется. На воздухе не гидратизуется. Удельный вес $d^{t°}_{25°} = 3.99 \pm 0.03$. Плавится при 1820° ± 20°.

3. $BaO \cdot 6Al_2O_3$ или $BaAl_{12}O_{19}$ — гексаалюминат бария. Кристаллизуется в гексагональной системе. Совершенная спайность по базису. Светопреломление $N_e = 1.694 \pm 0.002$, N_0 1.702 ± 0.002,

$$N_0 - N_e = 0.008 \cdot (-)\,2V = 0°.$$

Нерастворим в крепкой HCl и расплавленной соде. Удельный вес $d^{4°}_{25°} = 3.69 \pm 0.01$.

Близость кристаллической решотки этого соединения к β-Al_2O_3 заставляет нас считать соединение это скорее за твердый раствор BaO в Al_2O_3.

Полученные результаты являются отчасти неожиданными, потому что по своей химии алюминаты бария оказались гораздо более близкими к алюминатам натрия, нежели к алюминатам кальция. Сравнение тугоплавкости этих алюминатов:

$BaO Al_2O_3$ 1820°
$Na_2O \cdot Al_2O_3$ выше 1700° согласно Пеку ([6])
$CaO \cdot Al_2O_3$ 1600° по Ранкину и Райту ([5])

Во-вторых, существование алюмината $BaO \cdot 6Al_2O_3$ химически близкого к β-Al_2O_3, для которого Брагг, Готфрид и Вест ([7]) дают формулу $Na_2O \cdot 11Al_2O_3$. Также водорастворимость у алюминатов бария и натрия и отсутствие таковой у алюмината кальция $CaO \cdot Al_2O_3$. Подобные аналогии между соединениями бария и натрия могут быть прослежены не только на алюминатах этих элементов, но и на окислах и силикатах. Сопоставление окислов дает такую картину:

CaO	Ba_2O	Na_4O Na_3O
	BaO	Na_2O
	BaO_2	Na_2O_2

Силикаты
Silikate

$3CaO \cdot SiO_2$		
$2CaO \cdot SiO_2$	$2BaO \cdot SiO_2$	$2Na_2O \cdot SiO_2$
$3CaO \cdot 2SiO_2$		
$CaO \cdot SiO_2$	$BaO \cdot SiO_2$	$Na_2O \cdot SiO_2$
	$2BaO \cdot 3SiO_2$	
	$BaO \cdot 2SiO_2$	$Na_2O \cdot 2SiO_2$

Таким образом, вырисовывается некоторая общая физико-химическая характеристика соединений обоих этих элементов. Мы полагаем, что дальнейшая работа наша, производимая над исследованием уже тройных расплавов $BaO — Al_2O_3 — SiO_2$, даст нам в руки еще новый дополнительный материал по линии алюмосиликатных рядов и сможет тем самым способствовать разрешению вопроса в целом. Работа выполнена по поручению и на средства Научно-исследовательского института алюминия.

Лаборатория высоких температур
Центрального научно-исследовательского
геолого-разведочного института.
Ленинград.

Поступило
20 VII 1934.

CHEMISCH-MINERALOGISCHE UNTERSUCHUNGEN DER BARIUM-ALUMINATE

Von N. TOROPOV

(*Vorgelegt von A. Borissiak, Mitglied der Akademie, d. 2. IX. 1934*)

Die Aluminate der Alkalierdmetalle sind mit Ausnahme der Calcium- und Magnesium-Aluminate bis jetzt noch äusserst schwach erforscht.

Diese Verbindungen gewinnen gegenwärtig neben dem theoretischen Interesse auch noch eine grosse technische Bedeutung. Besonders kann hier auf das Bariumvariant des Prozesses von Kuznecov-Žukovskij hingewiesen werden, welcher in der Erzeugung von Tonerde aus Bauxiten mit hohem Kieselerdegehalt mittels einer Übergangsherstellung gerade der Bariumaluminate besteht. In der chemischen und physikalisch-chemischen Literatur findet die uns interessierende Frage sehr selten Erwähnung. So werden in E. Martin's (1) Arbeit verschiedene durch Dehydration ausgeschiedene Hydrate des Bariumaluminats, zwei wasserfreie Aluminate des Typus $11BaO10Al_2O_3$ und $n(3BaO \cdot Al_2O_3)$ beschrieben. $3BaO\ Al_2O_3$ ist ebenfalls von E. Jänecke (2) beschrieben worden, welcher es durch Verschmelzen einer entsprechenden Mischung von $BaCO_3$ und Al_2O_3 im Voltbogen erhielt. Doch musste ein unter solchen Bedingungen ausgeführter Versuch unvermeidlich eine starke Karbidisierung des Materials und seine Inhomogenität hervorrufen, worauf Jänecke auch hinweist. $3BaO \cdot Al_2O_3$ wird hier als isotrop dargestellt, mit einer Lichtbrechung, welche höher als 1.74 ist. Ausserdem fanden wir in der Patentliteratur Hinweise auf die Existenz von Aluminaten vom Typus des $2BaO \cdot Al_2O_3$ (3) und $BaO \cdot 2Al_2O_3$ (4). H. v. Wertenberg und H. J. Reusch (8), in ihre Untersuchung des Schmelzdiagramme des System $BaO — Al_2O_3$, also ohne Phasenbestimmung, könnten nur ein Aluminat — $BaO \cdot Al_2O_3$, welches schmilzt bei 2000° ± 40°, finden. Doch besitzen wir in keinem Fall eine zuverlässige mikroskopische oder röntgenometrische Prüfung der Homogenität der erhaltenen Individuen. Als wir uns mit dem Studium des binären Systems $BaO — Al_2O_3$ befassten, welches einen Teil unseres allgemeineren Studiums des ternären Systems $BaO — Al_2O_3 — SiO_2$ ausmacht, trafen wir auf sehr bedeutende experimentelle Schwierigkeiten. Zu ihnen muss man vor allem die ungewöhnliche chemische Aktivität des Bariumoxyds rechnen, welches mit allen feuerfesten Tiegeln reagierte, und dann die sehr bedeutende Schwerschmelzbarkeit der Bariumaluminate. Deshalb benutzten wir zur Bereitung binärer Verschmelzungen des Bariumoxyds mit Tonerde eine Knallgasflamme. Die Temperaturmessung wurde nach der von Ch. Nigokosjan vorgeschlagenen Methode der Kegelbereitung durchgeführt mittelst Durchschmelzung von aus Mischungen von entsprechenden Zusammensetzungen zusammengepressten Zylindern und einer darauf folgenden Besstimmung der Schmelztemperaturen dieser Kegel. Din Methode wurde an Kegeln geprüft, welche aus den Mischungen von CaO und Al_2O_3 angefertigt waren, und ergab einen Genauigkeitsgrad in ± 20° C.

Nachdem wir eine Serie binärer Verschmelzungen bereitet und die erhaltenen Produkte mikroskopisch untersucht hatten, erhielten wir folgende Resultate (s. S. 148).

Die Mehrzahl der Versuche war das Resultat vielfacher Wiederholungen der gleichen Operationen und die in der Tabelle angeführten Ziffern sind meist ein Mittel aus 3 oder 4 Bestimmungen. Im Ganzen haben wir

in den binären Verschmelzungen 3 chemische Verbindungen festgestellt, welche untereinander keine festen Lösungen geben und, wahrscheinlich, kongruent schmelzen. Solche Verbindungen sind:

1. $3BaO \cdot Al_2O_3$ oder $Ba_3Al_2O_6$ — Tribariumaluminat, welches eine hohe Löslichkeit im Wasser besitzt, und auch durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre hydratisiert wird. Mikroskopisch wird es durch tafelförmige sphäroilithische Kristallisation, starke Lichtbrechung $N_m = 1.735$ und schwache Doppelbrechung $N_g = = N_p 0.009$ charakterisiert. Das im Tuloidin bei 20° C bestimmte spezifische Gewicht beträgt $d^4_{20} = 4.54 \pm 0.01$. Es gelang nicht, es zum Schmelzen für Temperaturbestimmung zu bringen infolge der intensiven Hydratation an der Luft.

2. $BaO \cdot Al_2O_3$ oder $BaAl_2O_4$ — Bariummonoaluminat, welches sich in unregelmässigen Körnern oder Rhombododekaedren des regulären Systems krisstallisiert. Die Lichtbrechung $N = 1.683 \pm 0.002$; ohne Spaltbarkeit. Löst sich leicht im Wasser. Hydratisiert sich nicht an der Luft. Spezifisches Gewicht $d^4_{20} = 3.99 \pm 0.03$. Schmilzt bei 1820° ± 20°.

3. $BaO \cdot 6Al_2O_3$ oder $BaAl_{12}O_{19}$ — Bariumhexaaluminat. Kristallisiert sich im Hexagonalsystem. Vollkommene Spaltbarkeit längs der Basis. Lichtbrechung $N_e = 1.694 \pm 0.002$, $N_0 = 1.702 \pm 0.002$, $N_0 - N_e = 0.008 \cdot$ $\cdot (-) 2V = 0°$. In konzentrierter HCl und geschmolzenem Soda nicht löslich. Spezifisches Gewicht $d^4_{20} = 3.69 \pm 0.01$.

Die Nähe des Kristallgitter dieser Verbindung zur β-Al_2O_3 läst uns vorlegen dass das ist eher eine feste Lösung Bariumoxyde in Al_2O_3.

Die erhaltenen Resultate sind zum Teil unerwartet. Unerwartet aus dem Grunde, weil die Bariumaluminate ihrer chemischen Beziehungen nach sich den Natriumaluminaten viel näher stehend erwiesen, als den Calciumaluminaten. Vergleich der Schwerschmelzbarkeit dieser Aluminate:

$BaO \cdot Al_2O_3$	1820°	
$Na_2O \cdot Al_2O_3$	> 1700°	nach Kammermeyer und Peck [6]
$CaO \cdot Al_2O_3$	1600°	nach Shepherd, Rankin und Wright [5]

Zweitens die Existenz des Aluminates $BaO \cdot 6Al_2O_3$ dass chemisch β-Al_2O_3 nahe ist, für welhes Bragg, Gottfried und West [7] die Formel $Na_2O \cdot 11Al_2O_3$ geben. Ebenso die Wasserlöslichkeit der Barium- und Natriumaluminate und das Fehlen derselben bei dem Calciumaluminat $CaO \cdot Al_2O_3$. Solche Analogien zwischen den Barium- und Natriumaluminaten kann man nicht nur an Aluminaten dieser Elemente verfolgen, sondern auch an Oxyden und Silikaten. Der Vergleich der Oxyde gibt folgendes Bild (s. S. 149).

Auf dies Weise tritt eine gewisse gemeinsame physikalisch-chemische Charakteristik der Verbindungen dieser Elemente zutage. Wir vermuten, dass unsere weitere Arbeit, welche in der Untersuchung schon ternärer Verschmelzungen $BaO - Al_2O_3 - SiO_2$ besteht, uns noch neues Ergänzungsmaterial bezüglich der Alumosilikat-Reihen liefern und dadurch zur Lösung der Frage in ihrer Gesamtheit beitragen wird.

Laboratorium für hohe Temperaturen des zentralen wissenschaftlichen Instituts für Geologie und Lagerstättenforschung. Leningrad.

Eingegangen d. 20. VII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] E. Martin. Mont. sci., 5, 1915, 225. [2] E. Jänecke. Zement, 17, 1928, S. 756. [3] Beringer. D. R. P. 24422. [4] Zulkowski. Chem. Ind., 24, 869. [5] E. S. Shepherd, G. A. Rankin, and F. E. Wright. ZS. f. anor. all. Chem., 71, 1911, S. 19. [6] K. Kammermeyer u. A. B. Peck. Journ. Am. Cer. Soc., 16, 1933, p. 363. [7] W. Bragg, S. Gottfried, and J. West. ZS. Krist., 77, 1931, S. 225. [8] H. v. Wartenberg u. H. J. Reusch. ZS. anor. all. Chem., 207 (1932), 1.

БИОЛОГИЯ

Р. И. БЕЛКИН

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА АМФИБИЙ

II. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТИРОИДНЫЙ МЕТАМОРФОЗ АКСОЛОТЛЕЙ *AMBLISTOMA TIGRINUM*

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 25 X 1934*)

Ранее я уже сообщал о своих наблюдениях над влиянием температуры на тироидный метаморфоз головастиков *Rana temporaria*. Эти данные, полученные при исследовании на амфибиях, нормально превращающихся в природе в определенный срок, побудили меня изучить влияние температуры на амфибиях неотенических, т. е. нормально не превращающихся без воздействия специального агента, наиболее мощным из которых является гормон щитовидной железы.

Слайк сообщил о своих наблюдениях над *Triturus viridescens*, крайне медленно метаморфозирующих и сохраняющих личиночные жабры до взрослого, половозрелого состояния. Впрыскивания тиреоидина вызывали скорую редукцию жабр; те же впрыскивания при +6—10° не давали никакой реакции.

Эксперименты проведены были мной на аксолотлях, личинках *Amblistoma tigrinum*, на объектах, у которых метаморфоз является безусловным биологическим индикатором влияния примененного воздействия. Содержал я аксолотлей при разных температурах, а именно: +7, 20 и 30° С и в разных концентрациях тиреоидина Мерк от 1:10 000 до 1:100 000; в каждой серии были контрольные аксолотли в чистой воде. В корм давалось свежее мясо. За ходом метаморфоза я следил по постепенной резорбции спинного и хвостового плавников и жабер, что регулярно измерялось.

Мною получены следующие результаты:

1) Одного повышения температуры до 30° (более высокой температуры аксолотли не переносят) не оказывалось достаточным, чтобы без тиреоидина вызвать превращение аксолотлей в амблистомы.

2) При 20 и 30° аксолотли метаморфозировали в соответствии с концентрацией вещества щитовидной железы: чем выше доза вещества, тем скорее идет превращение.

3) При одинаковых концентрациях тиреоидина, но при разных температурах, метаморфоз аксолотлей идет гораздо быстрее при повышенной температуре, а именно:

Концентрация тиреоидина Konzentration des Thyreoidins	При 20° Bei 20°	При 30° Bei 30°
	Продолжительность метаморфоза в днях Die Dauer der Metamorphose (Tage)	
1 : 10000	24	14
1 : 20000	30	18
1 : 40000	53	37

Как видно из этой таблицы, интервалы в сроках метаморфоза в соответствии с концентрацией тиреоидина значительно сокращаются при повышенной температуре.

4) При 7° аксолотли в концентрации тиреоидина 1 : 10000 превратились только через 194 дня; в более слабых концентрациях аксолотли, хотя уже были близки к превращению, но через 201 день еще не закончили метаморфоза (наблюдение за ними будет продолжено). Как видно из протоколов, интервалы в начале метаморфоза и дальнейшего его течения в соответствии с концентрацией тиреоидина будут незначительны.

Таким образом, следует сделать вывод, что высокая температура усиливает, а низкая температура сильно замедляет метаморфотическое действие щитовидной железы. Намеченные мною исследования над влиянием низкой температуры на аксолотлей в минимальной метаморфогенной концентрации щитовидной железы должны будут показать, может ли низкая температура совсем устранить специфическое метаморфозирующее влияние гормона этой железы.

Институт экспериментальной биологии Иенского университета и Институт зоологии Женевского университета.

Поступило
25 X 1934.

BIOLOGIE

DIE GEGENSEITIGE EINWIRKUNG DER ÄUSSEREN UND INNEREN FAKTOREN IM PROZESSE DER ONTOGENIE BEI AMPHIBIEN

II. DER EINFLUSS DER TEMPERATUR AUF DIE DURCH THYREOIDIN HERVORGERUFENE METAMORPHOSE BEI *AMBLISTOMA TIGRINUM*

Von R. BELKIN

(Vorgelegt von A. Richter, Mitglied der Akademie, d. 25. X. 1934)

In der ersten Mitteilung dieser Arbeit habe ich schon über meine Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur auf die durch Thyreoidin hervorgerufene Metamorphose von Kaulquappen *Rana temporapia* berichtet. Diese Angaben, die ich bei den Forschungen an Amphibien erhielt, die

sich normalerweise in der Natur zu bestimmter Zeit umwandlen, veranlassten mich den Einfluss der Temperatur an Amphibien neotenischer Form zu untersuchen, die sich in der Regel nicht ohne Einwirkung eines speziellen Agenten umwandeln, von denen das Hormon der Schilddrüse das stärkste ist.

Slyke berichtete über seine Beobachtungen an *Triturus viridescens*, die äusserst langsam methamorphosierten und die Larvenkiemen bis zum erwachsenen geschlechtsreifen Alter beibehielten. Die Thyreoidininjektion ruft schnelle Reduktion der Kiemen hervor; dieselben Injektionen bei einer Temperatur von +6 bis +10° gaben keine Anzeichen einer Reaktion.

Die Experimente wurden an den Axolotelnlarven *Amblistoma tigrinum* ausgeführt, einem Object, bei dem die Metamorphose ein unbedingter biologischer Indikator für den Einfluss der angewandten Einwirkung ist. Die Axoloteln hielt ich bei verschiedener Temperatur und zwar bei +7, +20 und +30° C und in verschiedenen Konzentrationen von 1:10000 bis 1:100000 von Thyreoidin Merk; die Kontroll-Axoloteln für jede Serie wurden in reinem Wasser gehalten. Als Futter wurde frisches Fleisch gegeben. Über den Verlauf der Metamorphose urteilte ich nach der allmählichen Resorption der Rücker- und Schwanzflosse und der Kiemen, welche ständig gemessen wurden.

Ich erhielt folgende Resultate:

1) Die Erhöhung der Temperatur allein auf 30° (eine höhere Temperatur ist für die Axoloteln tötlich) ist nicht im Stande ohne Thyreoidin die Umwandlung der Axoloteln in Amblistoma hervorzurufen.

2. Bei Temperaturen von 20 und 30° metamorphosierten die Axoloteln entsprechend der Konzentration des Schilddrüsenpräparats; je höher die Konzentration, desto schneller geht die Umwandlung vor sich.

3) Bei gleicher Konzentration des Thyreoidins, aber bei verschiedener Temperatur, verläuft die Metamorphose der Axoloteln bei weitem schneller bei erhöhter Temperatur, namentlich (siehe umstehende Tabelle).

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, ist der Unterschied in der Zeit der Metamorphose gemäss der Konzentration der Thyreoidins bei erhöhter Temperatur bedeutend verkürzt.

4) Bei 7° und einer Konzentration des Thyreoidins von 1:10000, verwandelten sich die Axoloteln erst um 194 Tage; bei schwächeren Konzentrationen sind die Axoloteln nahe zur Umwandlung, jedoch nach 201 Tagen ist die Metamorphose noch nicht beendet (die Beobachtungen werden weiter geführt). Wie aus den Protokollen ersichtlich ist, wird der Unterschied am Anfang der Metamorphose und im weiteren Verlauf, entsprechend der Konzentration des Thyreoidins, wohl bedeutungslos sein.

Also kann man den Schluss ziehen, dass die hohe Temperatur zu einer Verstärkung und die niedrige — zu einer bedeutenden Verzögerung der Wirkung der Schilddrüse auf die Metamorphose führt. Im weiteren beabsichtige ich Untersuchungen über den Einfluss von niedrigen Temperaturen auf die Axoloteln bei minimalen metamorphogenen Konzentrationen der Schilddrüse zu unternehmen; diese Untersuchungen werden zeigen, ob eine niedrige Temperatur im Stande ist den spezifischen metamorphosierenden Einfluss des Hormons dieser Grüse absolut zu beseitigen.

Institut für experimentelle Biologie
der Universität Jena und Institut
für Zoologie der Universität Genf.

Eingegangen
d. 25. X. 1934.

ГЕНЕТИКА

Д. КОСТОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИПЛОИДНЫХ РАСТЕНИЙ

V. ПЛОДОВИТЫЕ ГИБРИДЫ *TRITICUM VULGARE — MONOCOCCUM*

(*Представлено академиком Н. И. Вавиловым 1 XI 1934*)

Triticum monococcum ($2n = 14$) с трудом скрещивается с пшеницами 28- и 42-хромозомной группы. Насколько нам известны литературные данные, впервые гибрид между *Tr. vulgare* и *Tr. monococcum* был получен Вавиловым (1913). Он скрестил два колоса *Tr. vulgare* Vill. var. *erythrospermum* Kcke (32 цветка) с *Tr. monococcum* L. var. *flavescens* Kcke и получил одно сморщенное зерно, из которого в следующем году развился самостерильный гибрид.

Мы скрестили в 1931 (конец августа и начало сентября) *Tr. vulgare* Vill. var. *ferrugineum* Al. ($2n = 42$) с *Tr. monococcum* L. var. *flavescens* Kcke ($2n = 14$). Мы посеяли исходный материал очень поздно, с целью провести скрещивания осенью, когда начинаются холодные ночи, имея в виду, что низкая температура нарушает правильность мейотического процесса, вызывая образование абортивной пыльцы и нередуцированных гамет. Растения росли в горшках на поле. После опыления растения были перенесены в оранжерею. Мы опылили 18 колосьев *vulgare* пыльцой *monococcum*. Каждый колос имел 16 цветков, т. е. всего 288 цветков. Образовалось лишь 9 зерен. Они были маленькими и сморщенными, подобно зерну полученному Вавиловым. Мы высеяли их в следующем (1932) году. Лишь 7 из них проросли. Одно погибло на очень ранней стадии развития. Шесть продолжали расти и дали зрелых гибридов. Пять были полностью стерильны, подобно гибриду Вавилова. Один оказался частично фертильным. Все шесть гибридов были промежуточными между *vulgare* и *monococcum*, хотя несколько ближе к *vulgare*. Частично фертильный гибрид морфологически был подобен пяти остальным стерильным гибридам. Во всяком случае, мы не смогли найти между ними заметной морфологической разницы.

Препараты, приготовленные из кончика корня гибридов, показали, что стерильные гибриды имели 28 хромозом в соматических клетках ($21 — vulgare + 7 — monococcum$), тогда как частично фертильный имел в соматических клетках 35 хромозом. Последний возник, повидимому, благодаря слиянию 21-хромозомной гаметы *vulgare* с нередуцированной 14-хромозомной гаметой *monococcum*.

Редукционное деление у этих гибридов было изучено лишь на ацето-карминных препаратах, так как мы хотели сохранить колосья для получения возможно большего количества зерен. Стерильные гибриды были скрещены с третьим видом. В материнских клетках пыльцы (PMC) стерильных гибридов мы нашли в первом редукционном делении от 16 до 23 хроматиновых телец, из чего следует, что здесь было от 5 до 12 би-

валентных хромозом. В этих гибридах наряду с аллосиндезом должен был происходить и аутосиндез, так как от *vulgare* они получили 21 хромозому и от *monococcum* 7. Аутосиндез у гибридов *Tr. vulgare — Secale cereale* был недавно описан Лебедевым (1933). Мы приготовили лишь два ацетокарминных препарата из частично фертильного гибрида, в которых было найдено редукционное деление. Было найдено следующее количество хроматиновых телец различной величины, могущих быть легко сосчитанными в первом мейотическом делении: в трех клетках — 18 хроматиновых телец, в двух — 19, в четырех — 20, в шести — 21, в шести — 22 и в одной 23. Два набора *Tr. monococcum* повидимому конъюгируют и образуют 7 пар. Некоторые из 21 хромозом *vulgare* несомненно конъюгируют и образуют от 5 до 10 бивалентов, почему и наблюдается от 18 до 23 хроматиновых телец различной величины (бивалентов и унивалентов).

Стерильные гибриды образовали только абортивную пыльцу (сморщенную, некрасящуюся ацетокармином), тогда как частично фертильный гибрид образовал лишь 25—35% абортивной пыльцы и 65—75% жизнеспособной (крупной, кругло-эллиптической, наполненной цитоплазмой и гранулями густо красящейся ацетокармином).

В 1933 году мы получили второе поколение от частично фертильного *vulgare — monococcum* гибрида. Растения из F_2 имели 30, 31, 32 и 33 хромозомы в соматических клетках и обнаруживали различную степень фертильности. Некоторые были полностью стерильны, другие — высоко фертильны. По внешности они различались чрезвычайно. Отщепился даже тип *compactum*. Эти растения и их потомство будут подробно описаны в другом месте.

В 1934 г. мы получили третье поколение. Среди гибридов в F_3 мы нашли много растений с 28 хромозомами (см. фигуру). Они имели нормальное или почти нормальное редукционное деление, и некоторые из них были вполне фертильны. Одно растение (№ 4536/3) развило по 3—4 зерна в каждом колоске, тогда как его родитель *vulgare* развивает обычно по 2—3 зерна, а *monococcum* по одному зерну в колоске. 28-хромозомные *vulgare — monococcum* гибриды отличаются друг от друга во многих отношениях, но большинство из них имеет черты обоих родителей — и *vulgare* и *monococcum*; одни гибриды ближе к первым, другие — к последним. Полностью фертильные 28-хромозомные гибриды *vulgare — monococcum* имеют несомненно 14 хромозом от *monococcum* и 14 от *vulgare*, остальные же 7 хромозом *vulgare* постепенно элиминировались. Сходный ржано-пшеничный гибрид был получен Лебедевым (1933); он добавил, однако, второй набор хромозом (7) *Secale*, путем скрещивания F_1 *vulgare — Secale* гибрида на *Secale*, причем в этом скрещивании была оплодотворена нередуцированная гамета гибрида, подобно тому, как это было и у нашего частично фертильного гибрида (*dicoccum* × *monococcum*) × *vulgare* (19. 2). У гибрида Лебедева произошла также элиминация 7 хромозом *vulgare* в следующем поколении.

Полностью фертильный *vulgare — monococcum* гибрид легко скрещивается с *Triticum persicum* (2 $n = 28$).

Мы приписываем большое значение этим 28 хромозомным *vulgare — monococcum* гибридам с точки зрения устойчивости по отношению к ряду заболеваний, так как *Tr. monococcum* обладает этим свойством. В будущем они могут послужить для перенесения признаков *monococcum* на твердые и мягкие пшеницы.

Институт генетики Академии
Наук СССР. Ленинград.

Поступило
28 X 1934.

GENETICS

STUDIES ON POLYPLOID PLANTS

By D. KOSTOFF

V. FERTILE *TRITICUM VULGARE — MONOCOCCUM* HYBRIDS

(*Communicated by N. Vavilov, Member of the Academy, 1. XI. 1934*)

Triticum monococcum (2 $n = 14$) with difficulty crosses with 28 and 42 chromosomic groups of wheat. So far as we know from the literature, a hybrid between *Tr. vulgare* and *Tr. monococcum* was first obtained by Vavilov (1913). He crossed two spikes of *Tr. vulgare* Vill. var. *erythrospermum* Kcke (32 flowers) with *Tr. monococcum* L. var. *flavescens* Kcke, and obtained one shrunken seed, from which a self-sterile hybrid developed during the next year.

In 1931 (end of August and beginning of September) we crossed *Tr. vulgare* Vill. var. *ferrugineum* Al. ($2n = 42$) with *Tr. monococcum* L. var. *flavescens* Kcke ($2n = 14$). We purposely planted the original material very late, in order to carry out the crosses in the fall when the cool nights begin, knowing that low temperature interferes with the meiotic processes, inducing formation of abortive pollen and unreduced gametes. The plants grew in pots in the field. After the pollination had been carried out, we transferred the plants to the greenhouses. We pollinated 18 *vulgare* spikes with *monococcum* pollen. Each spike had 16 flowers, i. e., altogether 288 flowers. Only 9 grains were produced, which were small and shrunken, similar to the results obtained by Vavilov. We planted these grains next year (1932). Only seven of them germinated. One died in a very early stage of development, while six grew further and developed into mature hybrids. Five were completely sterile as in Vavilov's case, one was partially fertile. All six hybrids appeared more or less intermediate between *vulgare* and *monococcum*, though somehow closer to *vulgare*. The partially fertile hybrid appeared morphologically like the other five hybrids that were sterile. At least we could not find any striking morphological difference.

The preparations made from the root tips of the hybrids showed that the sterile ones had 28 somatic chromosomes (21—*vulgare* + 7—*monococcum* =

= 28), while the partially fertile one had 35 somatic chromosomes. The latter seems to have originated by the fusing of a 21-chromosomic *vulgare* gamete with an unreduced 14-chromosomic *monococcum* gamete.

The reduction division of these hybrids was only studied in aceto-carmine preparations, because we wished to save the spikes for the production of as many seeds as possible. The sterile ones were crossed with a third species. In the pollen mother cells (PMC) of the steirile hybrids we counted from 16 to 23 chromatin bodies during the first reduction division, which means that from 5 to 12 bivalent chromosomes must be present there. In these hybrids, besides allosyndesis, autosyndesis should also occur, because *vulgare* has contributed 21 chromosomes and *monococcum* 7. Autosyndesis in *Tr. vulgare — Secale cereale* hybrids was recently reported by Lebedev (1933). We made only two aceto-carmine preparations from the partially fertile hybrid, in which reduction division was found. The chromosome bodies of various sizes, clearly counted during the first meiotic division, were: 18 chromatin bodies in three cells, 19 in two cells, 20 in four cells, 21 in six cells, 22 in six cells, and in one cell 23 chromatin bodies of various sizes were observed. Two sets of *Tr. monococcum* probably conjugate autosyndetically and form 7 pairs. Some of the 21 *vulgare* chromosomes obviously conjugate and form bivalents — from 5 to 10, so that from 18 to 23 chromatin bodies of various sizes (bivalents and univalents) were observed.

The sterile hybrids formed only abortive pollen (which was shrunken and did not stain in aceto-carmine), while the partially fertile one formed only about 25—35% abortive and about 65—75% viable pollen (which was large-grained, round-elliptic, full of cytoplasm and granules, and stained a deep red in aceto-carmine).

In 1933 we raised an F_2 generation from the partially fertile *vulgare—monococcum* hybrid. F_2 plants had 30 to 33 somatic chromosomes and showed various degrees of fertility. Some were completely sterile, others highly fertile. They differed enormously in appearance. Even a *compactum* type was segregated. These plants and their progenies will be described in detail elsewhere.

In 1934 we raised an F_3 generation. Among the hybrids of the F_3 generation we found many plants that had 28 chromosomes (see Figure, p. 156). They had a normal or almost normal reduction division, and some of them were fully fertile. One plant (No 4536/3) set from 3 to 4 grains in each spikelet, while its *vulgare* parent set usually from 2 to 3 grains and *monococcum* only one grain in a spikelet. *Vulgare — monococcum* hybrids with 28 chromosomes differed from each other in many respects, but most of them had characteristics from both parents, — from *vulgare* and *monococcum* — some being more *vulgare*-like, others more *monococcum*-like, and third — quite different from the parents. The fully fertile 28-chromosomic *vulgare — monococcum* hybrids have obviously 14 choromosomes from *monococcum* and 14 from *vulgare*, while 7 *vulgare* chromosomes have been gradually eliminated. A similar wheat-rye hybrid was produced by Lebedev (1933); he added, however, the second chromosome set (7) from *Secale* by crossing back F_1 *vulgare — Secale* hybrid to *Secale*, in which cross unreduced gamete from the hybrid has participated in the fertilization process as in our partially fertile (*dicoccum* × *monococcum*) × *vulgare* hybrids (1932). In Lebedev hybrid also an elimination of 7 *vulgare* chromosomes has occured in the next generation.

Fully fertile 28 chromosomic *vulgare — monococcum* hybrids cross readily with *Triticum persicum* ($2n = 28$).

We consider these 28 chromosomic *vulgare — monococcum* hydrids of great importance for breeding resistant varieties to a series of plant diseases, since *Tr. monococcum* has this quality. They may serve in the future for transferring *monococcum* characters to durum and soft wheats.

When one considers the results here reported and correlates them with the observations made by Lebedev, it seems very possible that a revision of the conception of *Tr. vulgare* genom constitution (*ABC*) will be necessary.

The author is indebted to B. Ivanov, N. Arutiunova, and to A. Tichonova for help throughout this work.

Institute of Genetics, Academy of Sciences of the USSR. Leningrad.

Received 28. X. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] D. Kostoff. Cytologia, 3, 186—187, 1932, [2] V. Lebedev. The Phenomena of Autosyndesis in the Interspecific Hybrids of *vulgare*-Wheats. Kharkov, 1933. [3] N. Vavilov. Bull. Appl. Bot., 6, 1—19, 1913.

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Э. АСРАТЯН

ОБОРОНИТЕЛЬНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ У СОБАК БЕЗ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ

(*Представлено академиком И. П. Павловым 24 VIII 1934*)

Работами Гольца и Лучиани была начата серьезная борьба против господствующей в физиологии и в клинике метафизической теории локализации функций в коре больших полушарий головного мозга. Однако, как в разрешении других кардинальных вопросов физиологии больших полушарий, так и в этом вопросе решающими были работы, выполненные по методу условных рефлексов в лабораториях акад. И. П. Павлова.

На основании целой серии точных работ своих учеников И. П. Павлов построил свою динамическую, пластическую теорию локализации функций в коре. Эта теория, с одной стороны, наносит смертельный удар по старой метафизической теории локализации, согласно которой области в коре строго локализированы и имеют фиксированные границы, а с другой стороны, павловская методологически совершенно правильно построенная теория отвергает мистическую теорию локализации Лэшли, которая (теория) в конце концов отрицает всякую локализацию функций в коре, кору больших полушарий рассматривает как эквипотенциальную массу.

По методу условных рефлексов в пользу павловской теории были собраны данные для звукового, зрительного, кожномеханического анализаторов (Кудрин, Тихомиров, Орбели, Красногорский, Розенков, и другие). Однако, вопрос о локализации так называемой двигательной области до последнего времени стоял особняком. С одной стороны, Красногорский

показал, что двигательная область у собак является корковым анализатором скелетно-двигательных движений, а, с другой стороны, Протопопов в лаборатории Бехтерева показал, что будто после экстирпации gg. Sygmoideus и Cruciatus у собак условные (сочетательные) оборонительно-двигательные рефлексы исчезают и новые не образовываются. Как способы экспериментирования, так и исходные теоретические позиции у обоих исследователей были разные.

Позже Фурсиков на обезьянах подтвердил старые данные Протопопова, а совсем недавно Протопопов и его сотрудники вновь занялись этим вопросом как на экспериментальном собачьем материале, так и на клиническом материале. Эти исследования тоже в основном подтвердили старые данные Протопопова.

Эти данные Протопопова и Фурсикова, полученные в основном точным и совершенным методом, были в явном противоречии как с теоретическими концепциями И. П. Павлова, так и со старыми экспериментальными данными Бехтерева, Франца и др., полученными более примитивными способами экспериментирования, но целиком подтвержденными недавними работами Розенталя, выполненными тем же методом.

Важность проблемы и существующие разногласии в ее разрешении делали очень желательным еще и еще раз заняться ее экспериментальным исследованием и именно точным и совершенным методом условных рефлексов. По этой причине, по согласованию с И. П. Павловым, я занялся этим делом с начала 1932 г. Были получены следующие данные. У собаки из передней половины коры больших полушарий одновременно были экстирпированы довольно большие куски включающихся как двигательных и кожно-чувствительных областей, так и небольшой слой непосредственно к ним прилегающих участков коры.

Спустя $4^1/_2$ месяца после операции, когда внешне в двигательной сфере животного трудно было уловить какие-нибудь серьезные отклонения, кроме легкой петушиной походки (Hahnentritt), я приступил к выработке оборонительно-двигательных условных рефлексов на заднюю левую лапу путем сочетания посторонних раздражителей с раздражением лапы индукционным током. Рефлексы с лапы точно и объективно регистрировались на кимографе с помощью особого устройства. Регистрировалось также время и продолжительность действий условных и безусловных раздражителей. При выработке условных рефлексов действие посторонних (индифферентных) раздражителей на 1—2 секунды предшествовало раздражению электрическим током, а их комбинированное действие длилось около 5—6 сек.

Условные рефлексы на свет и кожно-механический раздражитель образовывались неожиданно быстро. Намеки были уже на 4-й день (11-е сочетание света, 13-е сочетание кожно-механического раздражителя). На шестой день условные рефлексы были значительной силы и крепости. Они иллюстрированы на рисунке (стр. 161).

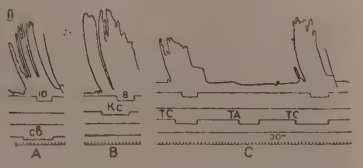
После был выработан условный рефлекс на музыкальный тон. На 4-е сочетание были намеки, на 8-е — хорошие крепкие рефлексы. Спустя $1^1/_2$ месяца, когда все три положительные условные рефлекса регулярно действовали, была выработана дифференцировка на другой музыкальный тон, по высоте ниже первого. Дифференцировочный рефлекс тоже выработался неожиданно быстро; на 6-е применение уже была абсолютная дифференциация эффектов двух тонов друг от друга. На рисунке это показано.

По примеру Рademакера я констатировал наличие у моей подопытной собаки также реакции „Magnetreaktion„ „Stehbereitschaft“ и способ-

ность коррегирования конечностей, т. е. такие двигательные реакции, которые, как показал Радемакер, имеют условный характер и происхождение.

Кроме констатирования возможности образовывания условных отрицательных и положительных двигательных рефлексов у собаки, я в специальных опытах проявлял также наличие взаимодействия между этими рефлексами в виде суммации последовательного торможения, взаимной индукции и т. д.

Таким образом, на основании описанного здесь экспериментального материала, можно категорически утверждать, что экстирпация так называемых двигательных и кожно-механических областей коры больших полушарий у собак не исключает возможности образования условных двигательных рефлексов. Обратные результаты, полученные Протопоповым, очевидно объясняются или шоковыми и диасхизисными явлениями или же какими-нибудь другими моментами, которые завуалировали истинную картину вещей. О достоверности моих данных говорит еще то, что другой работник наших лабораторий — Абуладзе — получил данные, совершенно аналогичные моим.



A — рефлекс на свет, **B** — рефлекс на кожно-механический раздражитель, **C** — два рефлекса на положительный тон (по краям) и один рефлекс на дифференцировочный тон. **A** — reflex to light, **B** — reflex to skin-mechanical stimulus, **C** — two reflexes to a positive tone and one to a differentiation tone (in the middle).

Как понять полученные факты?

Очевидно, что эти данные лучше всего могут быть объяснены в духе локализационной теории Павлова. Не говоря о кожнотактильной рецепторной зоне, коснусь двигательной. Двигательная зона в коре точно так же, как и другие специальные области коры, не имеет резко очерченных, фиксированных и узких границ. И здесь имеется центральный очаг, фокус, который является местом скрепления первичных эфферентных нервных элементов, и наряду с этим центральным очагом имеются эфферентные нервные элементы вторичного порядка, которые рассеяны на гораздо более широкой плоскости, а то и по всей коре.

В нашем случае, после экстирпации этих первичных очагов с обеих сторон, условно рефлекторная связь образовывается между соответствующими рецепторными областями коры и этими рассеянными вторичными эфферентными нервными образованиями.

Физиологический институт
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
24 VIII 1934.

MOTOR DEFENSIVE CONDITIONED REFLEXES IN DOGS WITH EXTIRPATED CORTICAL MOTOR AREAS OF THE CEREBRAL HEMISPHERES

By E. HASRATIAN

(Communicated by I. Pavlov, Member of the Academy, 24. VIII. 1934)

The works of Goltz and Luciani were the beginning of a serious attack against the metaphysical theory of the localization of functions in the cortex of the cerebral hemispheres. However, the same as in the solution of other cardinal problems of the physiology of the great hemispheres, the decisive factor in this problem were the works executed in accordance with the conditioned reflex method in Pavlov's laboratories.

On the basis of a series of precise investigations by his pupils, I. Pavlov built up his dynamic and plastic theory of the localization of functions in the cortex. This theory deals, on the one hand, a mortal blow to the old metaphysical theory of localization, according to which the cortical areas are strictly localized and have definite boundaries, and, on the other hand, Pavlov's theory, absolutely correct in its methodology, disproves Lashley's mystical theory of localization, which in its essence does not recognize any localization of functions in the cortex whatsoever and considers the cortex of the cerebral hemispheres to be an equipotential mass.

Pavlov's theory was substantiated by data on auditory, visual, and skin-mechanical analyzers (receptors) collected in accordance with the conditioned reflex method (Kudrin, Tichomirov, Orbeli, Krasnogorskij, Rozenkov, and others). The problem of the localization of the so-called motor cortex, however, was not involved in these studies.

On the one hand, Krasnogorskij has shown that the motor cortex in dogs is a cortical analyzer of skeletal motor movements, and, on the other, Protopopov has shown in Bechterev's laboratory that the conditioned (combining) motor defensive reflexes disappear in dogs after the extirpation of gg. Sygmoideus and Cruciatus and new ones do not develop. The methods of experimentation and the initial theoretical positions of both investigators were different.

Later Fursikov confirmed on apes the data of Protopopov, and quite recently Protopopov and his collaborators have again engaged in this problem both on dogs and on clinical material. These investigations have likewise in essence confirmed Protopopov's data.

The data of Protopopov and Fursikov, obtained by means of essentially accurate and perfect methods, were, at variance with both the theoretical conceptions of Pavlov and the old experimental data of Bechterev, Franz and others, obtained by more primitive experimental methods but fully substantiated by the recent works of Rosental using the same methods.

The importance of this problem and the existing differences of opinion with regard to its solution make new experimental investigation most desirable, and especially by the accurate and perfect method of conditioned reflexes. For this reason I took up this matter in 1932. The data

obtained were the following. Comparatively large areas including both the motor cortex and cutaneous sensory areas with small directly adjoining marginal zones of the cortex were simultaneously extirpated from the brain of a dog.

$4^1/_2$ months after the operation, when it was difficult to observe externally any serious changes in the motor sphere of the animal besides a slight *Hahnentritt*, I began to develop motor defensive conditioned reflexes of the left hind leg by combining foreign stimuli with the stimulation of the leg by induced current. The leg reflexes were accurately and objectively recorded on a kymograph by means of a special apparatus. The time and duration of the action of conditioned and unconditioned stimuli were recorded. In the formation of conditioned reflexes the action of foreign (indifferent) stimuli preceded 1 or 2 seconds the application of the electric current, and their combined action lasted about 5 or 6 seconds.

Conditioned reflexes to light and skin-mechanical stimulus developed very rapidly. Slight indications were observed already on the 4th day (the 11th combination with light, the 13th combination with skin-mechanical stimulus). On the 6th day the conditioned reflexes were of considerable strength and stability. They are shown in the diagram (p. 134).

Later on, a conditioned reflex to a musical tone was established. Slight indications could be noticed on the 4th combination and good stable reflexes on the 8th. A month and a half later, when all the three positive conditioned reflexes were working regularly, a differentiation was established to a lower musical tone. The differentiation reflex was also established with unexpected rapidity; there was an absolute differentiation of the effects of the two tones already on the 6th presentation. This is shown in the diagram (p. 161).

Following the example of Rademaker, I showed the presence of *Magnetreaktion*', '*Stehbereitschaft*', and the capacity of correcting the extremities in my experimental dog, i. e. such motor reactions which Rademaker has shown to be of a conditioned character and origin.

Besides having established the possibility of the formation of conditioned negative and positive motor reflexes in dogs, I also showed by special experiments the presence of an interrelation between these reflexes in the form of a summation of successive inhibition, reciprocal induction, and so on.

Thus, on the basis of the above-described experimental material, it may be categorically affirmed that the extirpation of the so-called motor and skin-mechanical areas of the cortex of the hemispheres of a dog does not exclude the possibility of the formation of conditioned motor reflexes. The opposite results obtained by Protopopov should be explained by shock, diaschisis, or some other phenomena disguising the real state of things. The accuracy of my data is substantiated by the fact that Abuladze, working in our laboratory, has obtained data completely analogous to mine.

How should these facts be understood?

It would seem that they may be best explained on the basis of Pavlov's theory or localization. Without discussing the cutaneous tactile receptor zone, I shall consider the motor zone only. Similarly to other special areas of the cortex, the motor zone has no sharply delineated and fixed boundaries. There exists in the motor zone a central focus, which is the place of concentration of the primary efferent nervous elements, and, together with this central focus, there exist efferent nervous elements

of a secondary order, which are scattered over a much greater area and perhaps even over the whole cortex.

In our case, after the extirpation of these primary foci from both sides, there developed a conditioned reflex connexion between the corresponding receptor areas of the cortex and the scattered secondary efferent nervous formations.

Physiological Institute,
Academy of Sciences of the USSR.
Leningrad.

Received
24. VIII. 1934.

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

А. А. ЛИНДБЕРГ

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ ПРИМЕНЕНИЯМИ УСЛОВНЫХ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ НА ВЕЛИЧИНУ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ

(*Представлено академиком И. П. Павловым 20 X 1934*)

При физиологическом исследовании способности различных тканей и органов животного организма приходить под влиянием определенных раздражителей в состояние возбуждения, выражающееся определенной деятельностью, внимание исследователя всегда привлекается вопросом, при каком промежутке времени между отдельными раздражениями или сериями раздражений постоянной силы данная ткань или данный орган способны отвечать на каждое раздражение полным эффектом. Этот интервал является, таким образом, показателем той продолжительности времени, которая необходима данному органу для полного восстановления тех веществ, которые разрушаются под влиянием раздражения, обусловившего переход органа из состояния покоя в деятельное состояние. Как известно, продолжительность этого интервала может измеряться, с одной стороны, дробными долями секунды, а с другой стороны — многими десятками секунд. Естественно, что и при работе с условными рефлексами (и с пищевыми условными рефлексами, на которых произведено настоящее исследование), вызываемыми различными, главным образом экстероцептивными, раздражениями, адресующимися к клеткам коры больших полушарий головного мозга, также должен был возникнуть вопрос о том, какое значение имеет продолжительность промежутка между последовательными применениями условных раздражителей для величины получаемых условных слюнных рефлексов.

Однако, при исследовании условных рефлексов этот вопрос представляется весьма сложным по сравнению с исследованием даже более простых форм рефлекторной деятельности нижележащих отделов центральной нервной системы. Если оставить в стороне, что при осуществлении пищевого условного рефлекса мы имеем перед собою деятельность очень сложной рефлекторной дуги, в результате чего возникает комплексная пищевая реакция и что для измерения слюнной реакции необходим довольно большой промежуток времени, измеряемый многими секундами, то следующие два обстоятельства являются моментами, весьма затрудняющими получение ответа на этот вопрос. С одной стороны, применение условных раздражителей невоз-

можно через очень короткие промежутки времени, так как для удержания условных пищевых рефлексов на определенном уровне за условным раздражителем должно следовать подкрепление безусловным пищевым раздражителем; даже однократное неподкрепление условного рефлекса является совершенно новым условием; что же касается применения безусловного раздражителя вслед за условным, то необходимо сказать, что осуществление безусловной деятельности сопровождается торможением во всей массе мозговой коры, возникающим в силу отрицательной индукции с „пищевого центра", находящегося в деятельном состоянии (Н. В. Виноградов, Е. М. Крепс, В. И. Павлова, М. К. Петрова и др.). С другой стороны, мы не можем сколько-нибудь значительно удлинить интервал между последующими применениями условных раздражителей, так как в условиях эксперимента промежуток между раздражениями не может рассматриваться только как период отдыха нервных элементов, в течение которого происходит восстановление затрат в принимавших участие в осуществлении данного условного рефлекса нервных клетках, а является, вместе с тем, тем временем, в течение которого отсутствие каких-бы то ни было внешних раздражений оказывает на мозговую кору резкое влияние, обусловливая переход ее в тормозное состояние, — гипнотизация в результате длительного отсутствия внешних раздражений. Таким образом, удлинение интервала может, с одной стороны, способствовать более полному восстановлению нервных клеток и тем самым повести к тому, что условные рефлексы будут сохранять в течение ряда применений раздражителей постоянную величину, а, с другой стороны, удлинение интервала свыше какой-то определенной для данного подопытного животного степени может повлечь за собою развитие гипнотического состояния и сопровождаться вследствие этого падением величины условных рефлексов. Не затрагивая взаимоотношений между этими двумя факторами в полном объеме, я хотел бы ограничиться в настоящем сообщении лишь тем значением, которое имеет определенная продолжительность интервалов между применениями условных раздражителей как фактор, способствующий восстановительным процессам, пользуясь тем, что это разграничение является возможным благодаря тому, что нам известно, что к гипнотизации склонны главным образом собаки со слабой нервной системой; подобрав для опытов собаку с сильной нервной системой и не удлиняя чрезмерно интервалов, можно надеяться избежать вмешательства этого усложняющего фактора.

В соответствии с этим работа была произведена на собаке „Двойке", которая в течение ряда лет служила для экспериментальных целей и отличалась хорошим равновесием между возбуждением и торможением и сильной нервной системой. В период проведения настоящего исследования применялась следующая система условных раздражителей: шум, касалка (на левом бедре, 28 прикосновений в 1 мин.), свет 50 W, шум, касалка и свет 50 W; время изолированного действия условных раздражителей было 15 сек., после чего они в течение 15 сек. совпадали с действием безусловного пищевого раздражителя. В 1-й, 3-й, 4-й и 6-й дни недели применялась система раздражителей, во 2-й день в течение опыта применялся лишь один шум (6 раз), а в 5-й день свет (6 раз); величины условных рефлексов на эти два разные по силе раздражителя, применяемые по 6 раз в течение опыта, служили показателем того влияния, которое оказывает продолжительность интервалов между раздражениями; продолжительность интервалов изменялась неоднократно, причем в течение нескольких недель она равнялась 4 мин., затем 8 мин., затем снова 4 мин. и т. д. Полученные данные видны из табл. 1 и 2 (стр. 166).

Как видно из представленных таблиц, можно отметить следующее:

1. При 4-минутном интервале между применениями сильного условного раздражителя — шума — наблюдается значительное падение величины условного рефлекса к концу опыта; при применении слабого раздражителя — света — этого не наблюдается.

2. При 8-минутном интервале между применениями этих раздражителей падения условных рефлексов к концу опыта не наблюдается.

3. При переходе от применения всей системы условных раздражителей с 8-минутными интервалами к применению этой же системы

с 4-минутными интервалами происходит значительное падение условных рефлексов на сильный раздражитель (шум); условные рефлексы на слабый раздражитель остаются при этом без изменений. На другой подопытной собаке („Полкан“) мною были получены при прочих равных усло-

Таблица 1 — Tabelle 1

Величина условных рефлексов на шум (6 раз в опыт)

Werte der bedingten Reflexe auf den Lärm (6 mal im Versuch) in Teilstrichen der Messröhre (5 Teilstr. = 1 Tropfen Speichel = 0.05 cm³)

а) При 4-минутном интервале

a) Intervalle zwischen den Applikationen = 4 Min.

Дата Datum	Applikationen während des Versuchs						Всего Total
	1	2	3	4	5	6	
6 VII 1932	35	36	33	30	25	24	183
12 X 1932	37	34	27	30	26	28	182
16 XI 1932	37	30	30	28	28	29	182

б) При 8-минутном интервале

b) Intervalle zwischen den Applikationen = 8 Min.

Дата Datum	Applikationen während des Versuchs						Всего Total
	1	2	3	4	5	6	
29 VI 1932	40	37	41	35	35	38	226
5 X 1932	40	45	38	40	36	37	236
23 XI 1932	36	42	44	39	40	39	240

Таблица 2 — Tabelle 2

Величина условных рефлексов на свет (6 раз в опыт)

Werte der bedingten Reflexe auf den Lichtreiz (6 mal im Versuch)

а) При 4-минутном интервале

a) Intervalle zwischen den Applikationen = 4 Min.

Дата Datum	Applikationen während des Versuchs						Всего Total
	1	2	3	4	5	6	
8 VII 1932	27	25	22	22	23	25	144
14 X 1932	33	30	22	37	28	32	182
18 XI 1932	31	30	28	26	30	31	176

б) При 8-минутном интервале

b) Die Intervalle zwischen den Applikationen = 8 Min.

Дата Datum	Applikationen während des Verschus						Всего Total
	1	2	3	4	5	6	
1 VII 1932	29	26	32	28	26	28	169
7 X 1932	30	33	34	29	30	26	182
25 XI 1932	34	26	31	28	27	28	174

виях опыта, при переходе от 8-минутного интервалов к 5-минутному, вполне совпадающие результаты. Таким образом, мы видим, что на этом материале отчетливо выступила зависимость быстроты восстановления от силы раздражителя.

Получив таким образом отчетливую зависимость величины условных рефлексов на сильный раздражитель от продолжительности интервалов между применениями этого раздражителя в одном и том же опыте и заметив, что 4-минутный интервал между раздражениями является недостаточным для восстановления в соответствующих нервных элементах, мы испробовали влияние бромистого натра на ход восстановления. Для этого в течение недели собака получала ежедневно по 1 г бромистого натра, и в течение этой недели опыты с 6-кратным применением шума и света при 4-минутных интервалах были повторены. Влияние бромирования видно из табл. 3.

Если сравнить эти данные с таковыми табл. 1 и 2, то можно отметить, что величина условных рефлексов на шум при 4-минутных интервалах и при бромировании значительно выше, чем при этом же интервале без применения брома и равняется той величине, которая отмечалась при 8-минутных интервалах.

На основании полученного экспериментального материала можно сделать следующие выводы:

1. У собак сильного нервного типа 4-минутные промежутки между применениями сильных условных раздражителей являются недостаточными для полного восстановления деятельности в участвующих в осуществлении данного условного рефлекса нервных элементах.

Таблица 3 — Tabelle 3

а) Величина условных рефлексов на шум при 4-минутном интервале (при бромировании)

a) Werte der bedingten Reflexe auf den Lärm bei 4 Min. langen Intervallen im Laufe der Bromierung

Дата Datum	Applikationen während des Versuchs						Всего Total
	1	2	3	4	5	6	
20 X 1932	39	36	37	36	33	34	215

б) Величина условных рефлексов на свет при 4-минутном интервале (при бромировании)

b) Werte der bedingten Reflexe auf den Lichtreiz bei 4 Min. langen Intervallen im Laufe der Bromierung

Дата Datum	Applikationen während des Versuchs						Всего Total
	1	2	3	4	5	6	
22 X 1932	32	32	30	32	27	30	183

2. Вполне достаточным для полного восстановления промежутком между последующими повторными применениями сильных условных раздражителей является интервал в 8 мин., при котором у собаки с сильным и концентрированным торможением не наступает гипнотизации.

3. Бромистый натр в соответственной дозе ускоряет восстановление деятельности нервных клеток высших отделов головного мозга.

Физиологический институт
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
20. X. 1934.

TIERPHYSIOLOGIE

Von A. LINDBERG

DIE ABHÄNGIGKEIT DER GRÖSSE DER BEDINGTEN SPEICHELREFLEXE VON DER LÄNGE DER INTERVALLE ZWISCHEN WIEDERHOLTEN APPLIKATIONEN DER BEDINGTEN REIZE

(Vorgelegt von I. Pavlov, Mitglied der Akademie, d. 20. X. 1934)

Bei der physiologischen Untersuchung der Fähigkeit der verschiedenen Gewebe und Organe des tierischen Organismus das Einwirken von bestimmten Reizagentien mit dem Zustande der Erregung zu beantworten, die in einer bestimmten Tätigkeit zum Ausdruck gelangt, ist die Aufmerksamkeit des Forschers auf die Klarstellung der Frage gerichtet, bei welcher Intervalldauer zwischen den einzelnen Reizen oder Reizserien das betreffende erregbare Gewebe jede Reizung mit voller Tätigkeit beantwortet. Dieses Intervall zeugt von der Zeitdauer, die das betreffende Gewebe zur völligen Wiederherstellung der Substanzen bedarf, die unter dem Einflusse des den Tätigkeitszustand bedingten Reizagens eine Zerstörung erlitten. Wie allgemein bekannt, kann die Dauer dieses Intervalls einerseits Bruchteile einer Sekunde, andererseits aber viele Sekunden oder gar Minuten betragen.

Es ist genz natürlich, dass auch bei der Untersuchung der bedingtreflektorischen Nerventätigkeit (und insbesondere der bedingten Nahrungsreflexe, von denen die Rede ist), die Frage aufkommen musste über die

Bedeutung der Intervalle zwischen den einzelnen Anwendungen von bedingten Reizen für die Grösse der durch diese Reize bewirkten Speichelreflexe.

Es muss hervorgehoben werden, dass im Falle der bedingten Reflexe diese Untersuchungen auf einige von der Versuchsmethode selbst abhangende Schwierigkeiten stossen. Wenn man davon absieht, dass man den Wert der bedingten Speichelreflexe nur für eine mehr oder weniger lange (10—30 Sek.) Zeit der isolierten Wirkung der künstlichen Reize bestimmen kann, um gut messbare und vergleichbare Werte zu erhalten, so muss man mit zwei Umständen rechnen, die die Untersuchung sehr komplizieren.

1. Es ist nicht möglich, die bedingten Reize in sehr kurzen Zeitabständen voneinander (z. B. in Zeitabständen von 10—60 Sek.) einwirken zu lassen, da man die bedingten Reize durch den unbedingten Nahrungsreiz bekräftigen muss, damit die Speichelreflexe erhalten bleiben; auch eine einmalige Applikation eines bedingten Reizes ohne darauffolgende Bekräftigung stellt eine neue und ganz besondere Bedingung dar, durch die der Wert der Reflexe beeinflusst wird. Der Tätigkeitszustand des entsprechenden unbedingten Zentrums wird aber, wie wir z. Z. sehr gut wissen, von einer mehr oder weniger starken Hemmung in der ganzen Grosshirnrinde begleitet, die als Resultat der negativen Induktion von dem tätigen „Nahrungszentrum" aufgefasst wird (E. Kreps, V. Pavlova, M. Petrova, N. Vinogradov u. a. m.* Es sei dazu bemerkt, dass die negative Induktion auch in diesem Falle eine gewisse Zeit anhält nach Beendigung der Tätigkeit des Nahrungszentrums.

2. Anderseits darf die Dauer der Intervalle eine bestimmte Grösse nicht überschreiten. In Versuchen mit bedingten Reflexen kann nämlich das Intervall zwischen den einzelnen Reizungen nicht als eine reine Periode betrachtet werden, während der diejenigen Nervenelemente, die am Zustandekommen des betreffenden bedingten Reflexes teilgenommen haben, sich im Zustande der Ruhe befinden und in ihnen die Wiederherstellung vor sich geht. Man muss noch damit rechnen, dass das Intervall eine mehr oder weniger lange Zeitperiode darstellt, während der auf die Grosshirnrinde keine äusseren Reize einwirken, wodurch der Übergang der kortikalen Elemente in einen Hemmzustand bewirkt wird — Hypnotisierung infolge eines längeren Ausbleibens von Aussenreizen.

Wir sehen also, dass die Verlängerung der Intervalle einerseits die Wiederherstellungsprozesse begünstigen könne und auf diese Weise dazu führen müsse, dass bei wiederholten Applikationen der bedingten Reize die Reflexe bestimmte und gleich grosse Werte aufweisen. Anderseits kann dieses aber, wenn die Intervalle eine für das betreffende Versuchstier bestimmte optimale Dauer überschreiten, das Auftreten des hypnotischen Zustandes und auf diese Weise, infolge der Irradiierung der Schlafhemmung, eine starke Herabsetzung bewirken. Im Rahmen dieser Mitteilung ist es nicht möglich; auf die Frage der Beziehung zwischen diesen beiden Momenten ausführlich einzugehen, aus diesem Grunde wird nur das Tatsachenmaterial gegeben, das zur Klarstellung der Bedeutung der Verlängerung der Intervalle als eines die Wiederherstellungspozesse begünstigenden Faktors beitragen könnte. Eine Auseinandergrenzung der Bedeutung der beiden Momente wird dadurch ermöglicht, dass zur Hypnotisation hauptsächlich Hunde geneigt sind, die dem sog. schwachen Nerventypus angehören. Werden für diese Versuche Hunde mit starkem, leistungsfähigem Nervensystem gewählt und beschränkt man sich auf eine nicht allzu bedeutende Verlängerung der Intervalle, so kann man darauf rechnen, dass die hypnotisierende Bedeutung der Verlängerung jedenfalls nur sehr gering sein werde.

Aus den soeben besprochenen Gründen wurden die Versuche an zwei Hunden angestellt, die im Laufe von mehreren Jahren zu Versuchszwecken gedient hatten, sich durch ein sehr gutes Gleichgewicht zwischen den Prozessen der Erregung und Hemmung auszeichneten und zum starken Nerventypus gehörten. Ausführlich werden nur die Versuche an einem Hunde, „Dwoika", besprochen.

Während dieser Versuchsreihe wurden bei diesem Hunde folgende bedingte Reize täglich in ein und derselben Reihenfolge und in gleichen Zeitabständen voneinander („stereotypes Reizsystem") angewandt: Lärm, mechanischer Hautreiz (28 Berührungen in 1 Min.), Licht 50 W, Lärm, mechanischer Hautreiz (wie 2) und Licht; die Zeit der

* „Arbeiten aus den Physiologischen Laboratorien von I. Pavlov", Bd. 5, 1933, Leningrad, Verlag der Akad. d. Wissensch. (russisch; englische Zusammenfassungen). Die Referate dieser Aufsätze siehe in den Ber ü. d. ges. Phys. u. exp. Pharm. im Laufe der ersten Hälfte des Jahres 1934.

isolierten Wirkung dieser Reize betrug 15 Sek., worauf sie vom Futter gefolgt wurden. Am 1., 3., 4. und 6. Tage der Woche wurde das Reizsystem appliziert; am 2. Tage wurde nur der Lärm (6 mal) und am 5. Tage nur der Lichtreiz (6 mal) angewandt. An Sonntagen wurde mit dem Hunde nicht experimentiert. Die Dauer der Intervalle zwizchen den Applikationen der bedingten Reize wurde wiederholt geändert, wobei sie im Laufe von 1—2 Wochen 4 Min., darauf 8 Min., darauf wieder 4 Min. usw. betrug.

Die erhaltenen Versuchsergebnisse sind aus Tabellen 1 und 2 ersichtlich (siehe SS. 166—168).

Wie man aus diesen Tabellen ersehen kann, traten folgende Erscheinungen deutlich hervor:

1. Wird ein starker bedingter Reiz (Lärm) in Zeitabständen von 4 Min. appliziert, so tritt am Ende des Versuchs eine bedeutende Verminderung des bedingten Speichelreflexes auf diesen Reiz ein; bei wiederholter Anwendung eines schwachen Reizes (Licht 50 W) tritt unter diesen Versuchsbedingungen keine Verminderung des Reflexes ein.

2. Werden diese Reize in Zeitabständen von 8 Min. wiederholt appliziert, so bleiben die Reflexe während des Versuchs auf ein und derselben Höhe.

3. Werden im Laufe einer längeren Zeit die bedingten Reize in Zeitabständen von 8 Min. appliziert und geht man darauf zur Applikation dieser Reize in Zeitabständen von 4 Min. über, so tritt eine bedeutende Herabsetzung des bedingten Reflexes auf den starken Reiz (Lärm) ein; diese hält so lange an, bis man die kurzen Intervalle benutzt. Der bedingte Reflex auf den schwachen Lichtreiz bleibt dabei unverändert: sowohl in Versuchen, in denen die Zeitabstände, 4 Min., als auch in Versuchen, in denen sie 8 Min. lang sind, weisen die bedingten Reflexe gleich grosse Werte auf. Wir sehen, dass in den erhaltenen Versuchsergebnissen die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Wiederherstellung von der Stärke der bedingten Reize sehr deutlich hervortritt.

Beim zweiten Versuchshunde („Polkan“) fielen die Versuchsergebnisse beim Übergang von 8 Min. langen Intervallen zu 5 Min. langen Intervallen ganz eindeutig aus; alle Versuchsbedingungen waren bei beiden Tieren in allen übrigen Beziehungen vollkommen gleich.

Nachdem wir festgestellt hatten, dass die Grösse der bedingten Reflexe auf einen starken Reiz von den Zeitabständen abhängig ist, in denen dieser Reiz in einem Versuch wiederholt appliziert wird, und dass ferner die 4 Min. langen Intervalle zu kurz sind, damit in den entsprechenden kortikalen Elementen eine völlige Wiederherstellung erfolgen könnte, wurde der Einfluss von Bromnatrium auf die Geschwindigkeit der Wiederherstellung untersucht. Zu diesem Zwecke wurde dem Hunde im Laufe einer Woche NaBr täglich in der Menge von 1.0 (45 Min. vor dem Versuch) verabreicht und im Laufe dieser Woche wurde die 6-malige Applikation der Reize bei 4 Min. langen Intervallen ausversucht, wobei alle übrigen Versuchsbedingungen unverändert blieben. Der Einfluss von NaBr ist aus Tabelle 3 ersichtlich (SS. 167—168).

Wenn wir nun diese Daten mit den entsprechenden Werten der Tabellen 1 und 2 vergleichen, so können wir sehen, dass die Werte der bedingten Reflexe auf den Lärm bei 4 Min. langen Intervallen im Laufe der Bromverabreichung bedeutend grösser sind, als sie bei diesen Intervallen ohne NaBr waren und den Werten gleichkommen, die bei 8 Min. langen Zeitabständen zwischen den einzelnen Anwendungen dieses Reizes waren.

Auf Grund des mitgeteilten Tatsachenmaterials können folgende Schlussfolgerungen gemacht werden:

1. Bei Hunden mit starkem, leistungsfähigem Nervensystem sind die Zeitabstände von 4 Min. zwischen den wiederholten Applikationen eines starken Reizes nicht genügend lang, damit eine völlige Wiederherstellung der Tätigkeit in den Nervenelementen erfolgen könnte, die am Zustandekommen des betreffenden bedingten Reflexes beteiligt waren.

2. Als genügend lange Zeitabstände können die Intervalle von 8 Min. betrachtet werden: unter dieser Bedingung weisen die Reflexe auf einen starken Reiz keine Tendenz zum Herabsinken, wenn der Reiz wiederholt appliziert wird. Bei Hunden mit ausbalancierten Nervenprozessen tritt bei 8 Min. langen Intervallen keine Hypnotisation ein.

3. Durch eine tägliche Verabreichung von NaBr in passender Menge kann der Verlauf der Wiederherstellungsprozesse beschleunigt werden.

Physiologisches Institut
der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 20. X. 1934.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. Я. КРАЕВОЙ и Ф. Г. КИРИЧЕНКО

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТАДИЙНОСТИ РАЗВИТИЯ ПШЕНИЦ

(*Представлено академиком ВУАН А. А. Сапегиным 2 XI 1934*)

Т. Д. Лысенко установил две стадии онтогенетического развития пшениц: a) температурную, или стадию яровизации, и b) световую. В этом сообщении мы даем некоторые материалы в отношении третьей, нами намечаемой, стадии онтогенетического развития пшеницы, связанной с гаметогенезом. Яровизированные семена озимой пшеницы Новокрымка 0204 (*Triticum vulgare* var. *erythrospermum*) были высеяны в вегетационные сосуды. Весь опыт был разбит на 3 серии: А, Б и В (см. табл. 1). Серия А была помещена на непрерывном освещении, серия Б — на 12-часовом дне и серия В — на укороченном, 10-часовом дне. Все три серии находились в вышеуказанных условиях на протяжении 44 дней (см. табл. 1). По истечении 44 дней часть сосудов из каждой серии (по 12 штук) была помещена на дифференцированный 2-, 4-, 6-, 8-, 10- и 12-часовой день.

Растения серии А (44 дня непрерывного освещения), во время помещения их на дифференцированный день, были в состоянии трубки, имели до 4 листьев и маленький зачаточный колос около 2—4 мм. Растения серии Б, произраставшие в условиях нормального дня, перед введением дифференцированного освещения, зачаточного колоса не имели. Они были немного мощнее растений серии В, произраставших в условиях 10-часового дня. Последние имели вид идущей в зиму озими нормального (не яровизированного) посева (см. фиг. 1, нижний ряд сосудов). Исследование гаметофита производилось по методу Беллинга (Belling). Микрофотограммами фиксировался характер залегания спор в пыльниках, главным образом в количественном отношении, что для нас

Таблица 1

Влияние дифференциальной экспозиции (после 44-дневного беспрерывного освещения) на прохождение разных стадий развития у Новокрымки 0204 (*Triticum vulgare* var. *erythrospermum*)

Серия опыта	Характер освещения	Число дней	Длина дня	Влияние длины дня на различные фазы развития								Плодоношение
				Зачатки стебля	Стебель сформиров.	Зачатки колоса	Колос сформиров.	Зачатки пыльников	Пыльники сформиров.	Образование пыльцевых зерен	Фертильн. пыльцы	
А	Беспрерывное освещение	44	2	+	+	+	+	+	+	—	—	—
			4	+	+	+	+	+	+	+	—	—
			6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
			8	+	+	+	+	+	+	+	+	+
			10	+	+	+	+	+	+	+	+	+
			12	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Б	12-часовый день	44	2	+	—	—	—	—	—	—	—	—
			4	+	+	—	—	—	—	—	—	—
			6	+	+	—	—	—	—	—	—	—
			8	+	+	—	—	—	—	—	—	—
			10	+	+	—	—	—	—	—	—	—
			12	+	+	+	—	—	—	—	—	—
В	10-часовый день	44	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			4	—	—	—	—	—	—	+	—	—
			6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			12	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Знаком плюс отмечено наличие того или иного признака, знаком минус — его отсутствие.

является наиболее существенным. Растения серии А, которые росли 44 дня в условиях беспрерывного освещения, а затем были помещены в условия дифференцированного освещения (см. табл. 1, графа 4), несмотря на резко отличный световой режим, выколосились. В темпе и характере колошения между отдельными вариантами этой серии особых различий не наблюдалось (фиг. 1, верхний ряд сосудов). Растения серии Б, которые после яровизации находились 44 дня в условиях 12-часового освещения (фиг. 1, средний ряд сосудов), на 34-й день, после переноса их в различные условия освещения, находились почти в одинаковом состоянии. Исключение представляет лишь 2-часовой вариант (фиг. 1, средний ряд, крайний сосуд слева), который имел лишь зачатки стебля. Растения серии В, произраставшие в условиях 10-часового освещения (см. табл. 1), перед помещением их на дифференцированный день, оставались такими же, какими были и раньше, до помещения на

дифференцированный день, за исключением 2-часового варианта, который погиб (фиг. 1, нижний ряд, крайний сосуд слева). Растения* всех вариантов еще до посева прошли стадию яровизации. Произрастая, после всходов, 44 дня в различных условиях освещения (см. табл. 1), они, как и следовало ожидать, развивались по-разному.

Растения, находившиеся в условиях беспрерывного освещения, успели полностью пройти световую стадию, следующей за стадией яровизации. Это подтверждается тем, что все растения помещенные в условия 2-, 4-, 6-, 8-, 10- и 12-часового дня, одновременно выколосились. У растений серии Б, произраставших 44 дня при 12-часовом освещении, отмечено лишь начало прохождения световой стадии. Это подтверждается тем, что после 34-дневного пребывания растений в различных условиях освещения только у растений 12-часового варианта было отмечено образование зачаточного колоса, в то время как у растений остальных вариантов этого не наблюдалось. Растения остальных вариантов, образовав трубку, зачаточного колоса не дали. У растений серии В, произраставших в условиях 10-часового освещения, не наблюдалось даже начала прохождения световой стадии. Это подтверждается тем, что различные варианты этой серии, находившиеся в течении 34-х дней в различных условиях освещения, не образовали ни трубки, ни зачаточного колоса.

Фиг. 1. Яровизированная пшеница Новокрымка 0204, с момента всходов росла 44 дня на:

1) беспрерывном освещении, верхний ряд
2) 12-часовом „ средний „
3) 10-часовом „ нижний „

После этого 34 дня росла при:

1) 2-часовом освещении, 1-й ряд слева
2) 4- „ „ 2-й „ „
3) 6- „ „ 3-й „ „
4) 8- „ „ 4-й „ „
5) 10- „ „ 5-й „ „
6) 12- „ „ 6-й „ „

Fig. 1. Yarovized wheat 'Novokrimka' 0204, since sprouting the plants were grown 44 days at:

1) continuous light, upper horizontal row
2) 12 hour „ middle „ „
3) 10 hour „ lower „ „

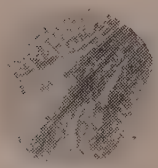
After this, during 34 days the plants were kept at:

1) 2 hour light, 1st vertical row
2) 4 „ „ 2nd „ „
3) 6 „ „ 3rd „ „
4) 8 „ „ 4th „ „
5) 10 „ „ 5th „ „
6) 12 „ „ 6th „ „

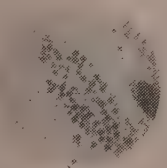
Итак, подвергнув дифференциальной экспозиции растения всех трех серий, мы получили: 1) растения с пройденной стадией яровизации и с пройденной стадией световой (серия А), 2) растения с пройденной стадией яровизации и началом прохождения световой (серия Б) и 3) растения с пройденной стадией яровизации (серия В).

* Растением мы называем семена, тронувшиеся в рост.

Гаметогенез проходил лишь у растений серии А, в остальных сериях он не проходил, ибо там не образовались даже колосья. Во всех вариантах серии А образовались пыльники (см. табл. 1), в которых были сформированы пыльцевые зерна; исключение представляет лишь 2-часовой вариант, не давший пыльцевых зерен. Относительно фертильности пыльцевых зерен наблюдалось следующее: 2-часовый вариант совсем не образовал пыльцевых зерен, 4-часовый вариант начал образовывать пыльцевые зерна. На фиг. 2 представлена его микрофотография, на которой видим в толще пыльника лишь несколько пыльцевых зерен. 6-часовой вариант дал бо́льшее количество фертильной пыльцы (см. фиг. 3), в остальных вариантах идет быстрое нарастание фертильной пыльцы, и в 12-часов. варианте имеем нормальный гаметогенез, как и в контрольном.



Фиг. 2. Пыльник 4-часового варианта.
Fig. 2. Anther of the 4 hour variant.



Фиг. 3. Пыльник 6-часового варианта.
Fig. 3. Anther of the 6 hour variant.

Результаты проведенного нами опыта говорят о том, что для образования нормального колоса растения пшеницы должны пройти последовательно стадию температурную, или яровизации, и световую. Но если растения и пройдут последовательно упомянутые стадии, то это еще не значит, что они дадут фертильную пыльцу и будут плодоносить. Растения серии А, 2-часового варианта совершенно не образовали фертильной пыльцы, растения 4-часового варианта образовали в незначительном количестве пыльцу, в результате чего оба эти варианта не плодоносили. Отсутствие у этих двух вариантов фертильной пыльцы мы склонны объяснить не световым голоданием (хотя таковое имеет место, но не оно в данном случае является решающим), а тем, что в клетках гаметофита не прошли соответствующие качественные (в смысле стадийного развития семенного растения) изменения, которые должны были детерминировать гаметогенез. Под стадийностью развития семенного растения мы понимаем определенные качественные изменения клеток точки роста растений, которые создают в растении соответствующую интерфазу, за которой следует дальнейшее развитие растения в ином направлении.

Мы считаем, что та стадия развития, те качественные изменения которые необходимы для образования нормальной пыльцы, у растений 2-часового варианта не прошли, у 6-часового варианта в значительной степени прошли. У 4-часового варианта стадия, связанная с образованием половых элементов только лишь началась. Это, в нашем представлении, подтверждается тем, что в толще пыльников мы наблюдали, в очень незначительных количествах (см. фиг. 2), сформированные пыльцевые зерна. При этом они окрашивались ацетокармином в темный цвет, что свидетельствует о их фертильности, но в силу ряда причин такие пыльцевые зерна никогда не выходили из толщи пыльников и не принимали участия в оплодотворении.

На основании всех вышеизложенных данных мы считаем, что формирование нормально функционирующих гамет зависит от предварительных стадийных изменений клеток гаметофита и что эти изменения и будут представлять отдельную стадию онтогенетического развития растений, следующую за световой стадией.

В заключение предлагаем свою схему стадийности развития растений, которую, по нашим представлениям, можно изобразить следующим образом:

Если на оси ординат отложить количество воздействующего агента на растение (волны различной длины), выделенного из комплекса внешних факторов, а на оси абсцисс отложить прохождение стадий развития растений, то стадийное развитие растения в его онтогенезе можно выразить следующей формулой: $P \rightarrow t + l + x$, где P — плодоносящее растение, t — температурная стадия или яровизация, l — световая стадия, x — стадия, связанная с прохождением гаметогенеза.

Считаем необходимым отметить, что стадии развития, о которых здесь идет речь, не представляют собой какой-то абсолютной категории. Последними работами В. И. Разумова и др. установлено, что эти стадии разделяются на подстадии. Об этом же говорят и наши данные о третьей стадии онтогенетического развития. В скором времени работа будет опубликована более подробно.

За ценные указания и советы авторы выражают свою глубокую признательность и благодарность акад. Т. Д. Лысенко и акад. А. А. Сапегину.

Институт генетики
Академии Наук СССР.
Ленинград.
Украинский генетико-
селекционный институт.
Одесса.

Поступило
22 X 1934.

PLANT PHYSIOLOGY

NEW CONTRIBUTION TO THE INVESTIGATION OF DEVELOPMENT STAGES IN WHEAT

By S. KRAJEVOJ and F. KIRIČENKO

(*Communicated by A. Sapehin, Member of the Ukrainian Academy 2. XI. 1934*)

SUMMARY

The method of the differential exposure to light (the so-called 'hardening'), being applied to 'yarovized' winter wheat Novokrimka 0204) (*Triticum vulgare* var. *erythrospermum*) shows the passage of the plants through different stages of development with definite regularity.

The same method gives the possibility of confirming the data of Lysenko on the presence of two stages of development in wheat, i. e. a) a temperature sensitive stage, or yarovization period, and b) a light sensitive stage.

The development of the reproductive organs in wheat shows that the formation of germ-cells and their ability for reproduction are determined by certain inner qualitative changes in the gametophyte.

Viable gametes are not formed if these changes have not been effected.

The nature of the gametogenesis and of the final ripening of the gametes leads, in connexion with the differential exposure to light, to the detection of a third stage in the ontogenetic development of wheat, which is connected with the formation of the reproductive organs.

Institute of Genetics,
Academy of Sciences of the USSR.
Leningrad.
Ukrainian Institute of Genetics
and Plant-Breeding.
Odessa.

Received
22. X. 1934.

ПАЛЕОБОТАНИКА

В. Н. СУКАЧЕВ

член-корреспондент Академии Наук СССР

BRASENIA PURPUREA MICHX. В ВЕРХНЕТРЕТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Brasenia purpurea Michx., являющаяся, как известно, весьма характерной формой для плиоценовых и межледниковых отложений Европы [Потонье-Готан (1), Штоллер (2), Криштофович (3)], до сих пор не была известна в ископаемом состоянии в Сибири. Летом 1933 г. мне удалось найти остатки ее и некоторых других интересных растений в Нарымском крае в отложениях, которые там выступают в основании ряда обнажений по р. Васюгану. Возраст этих толщ, как и сходных с ними отложений в нижнем течении р. Иртыша, разными авторами до сих пор лишь предположительно и по разному датировался. Упомянутые же находки позволяют время их отложения значительно уточнить.

Эти отложения, впервые отчетливо выделенные Высоцким (4) по нижнему течению р. Иртыша и ниже по Оби, им относились неогену или промежуточному отложению между неогеном и палеогеном. В. А. Обручев (5) в определении возраста их следовал Высоцкому. Однако Я. С. Эдельштейн (6,7) высказал предположение об их принадлежности к верхнему олигоцену. Аналогичные толщи в бассейне р. Васюгана и по р. Оби Р. Ильин (8) относит ко времени мандельского оледенения четвертичного периода. П. А. Православлев (9) показал широкое распространение такой же толщи в Приобьи Кулундинской степи, относя ее образование к четвертичному периоду, а В. И. Громов (10) отмечает их по р. Югану (притоку р. Оби в среднем ее течении), определяя их как породы проблематического возраста, предполагая все же вероятным считать их за третичные. Мною (11,12), на основании изучения растительных остатков, было показано, что в разных местах нижнего течения р. Иртыша эти толщи неодновременны по образованию. Если у д. Нефедовой, несколько севернее Тобольска, эти слои являются доледниковыми-

скорее всего плиоценовыми, то сходные с ними слои у с. Демьянского, как несущие северную флору с участием арктических форм, надо относить к ледниковому времени. Пыльца же южных форм, заключающаяся в этих отложениях (дуб, *Pterocarya*, *Ilex* и др.) находится здесь во вторичном отложении, попав сюда из размывавшихся третичных слоев.

Исследования 1933 г. выяснили, что и по р. Васюгану слои, обнажающиеся у основания береговых обрывов (яров), также неодновременны в разных частях реки. Наиболее интересным оказалось обнажение в 4—5 км выше устья р. Катальги, притока Васюгана, в так наз. Могильном Яру. Здесь обнаженная нижняя часть крутого правого берега р. Васюгана имеет высоту около 12 м и сложена внизу плотной сизоватой глиной с прослойками песка (3.5 м мощн.), переходящей выше в супесь коричневого цвета (90 см мощн.) с вертикально стоящими стволиками деревьев. Выше залегает сильно спрессованный торф (150—160 см) с остатками древесины, которые в верхней части этого слоя особенно обильны и лигнитизированы. Покрыты эти слои отложениями белого и желтоватого песка (обнажаются толщей в 5—6 м мощн.), заключающими изредка глыбы торфа, гальку и небольшие валуны (до 10 см в диаметре) кристаллических пород. Граница песков с торфяным слоем резкая. В этом-то спрессованном торфе и были найдены остатки *Brasenia purpurea** (22 семени). Анализ пыльцы (в %) из этих слоев см. табл. 1 (стр. 178).

Аналогичный состав пыльцы был обнаружен также в нижних слоях двух других обнажений по Васюгану (Мангазейный яр у Айполово, 2-й яр ниже Айполово — „Онгонты-Юх“). Но здесь пыльца еще более разнообразна. В обоих ярах мы имеем слои спрессованного торфа и лигнитизированной древесины. В Мангазейном яру один такой слой залегает на высоте 15 м, т. е. приблизительно на высоте $^1/_3$ обнажения, а в яру „Онгонты-Юх“ таких слоев два, один лежит на высоте 10 м, а другой на 22 м над уровнем реки.

Данные анализа пыльцы из отложений Мангазейного яра были много уже ранее приведены ([17]). Сходные с ними результаты дает анализ толщ яра „Онгонты-Юх“ (см. табл. 2, стр. 179).**

Во всех этих отложениях находим пыльцу не только всех местных древесных пород, но и ряда пород, произрастающих ныне далеко от Западной Сибири. Так, виды рода *Tsuga* ныне растут в Северной Америке и в Восточной Азии, вне пределов СССР. *Pterocarya* ныне встречается в Закавказьи и в Восточной Азии; *Juglans* в Южной Европе, Закавказьи, на юге Средней Азии, в Восточной Азии, на Дальнем Востоке и в Северной Америке; *Fagus* в Западной Европе, в Крыму, на Кавказе, в Восточной Азии и в Северной Америке. Род *Ilex* включает ряд видов, представленных во флоре Восточной Азии и Южной Америки. Однако он имеет и в Западной и Южной Европе (а также на Кавказе) одного представителя. Особенно интересно обилие пыльцы сосны, повидимому из секции *Strobus*. Ныне сосны, относящиеся к этой секции, растут в Гималаях, на Балканском п-ве, на востоке Азии и в Северной Америке. В пределах СССР эта секция не представлена.

* Шафер ([13]) среди межледниковой *Brasenia* различил два вида, *B. Schröteri* Szaf. и *B. Nehringii* Web. Наши семена, имея длину 2.2—3.0 мм и ширину 1.3—2.1 мм., по размерам ближе стоят к *B. Schröteri* Szaf. Однако, как и большинство новейших авторов [Штерк, Фирбас и Овербек ([14]), Кох([15]), Них ([16]) и др.], я сохраняю общее название *Brasenia purpurea* Michx., хотя нельзя не отметить мелкость наших семян. Поверхность семян гладкая, поэтому наши семена не будут относиться к *B. tuberculata*.

** Помощью в производстве пыльцевых анализов я обязан Е. А. Смирновой.

Таблица 1—Tabelle 1

№ образца		*Pinus mum silvestris*	*Picea*	*Abies*	*Pinus* sec. *Strobus*	*Larix*	*Betula*	*Alnus*	*Corylus*	*Carpinus*	*Pterocarya*	*Ulmus*	*Ilex*	*Fagus*	*Fraxinus*	*Quercus*	Число пыльнок на 1 препарат Anzahl der Pollenkörner pro 1 Präparat
	Спресованный торф Zusammengeprester Torf																
123	На высоте 3 м от ур. реки Auf der Höhe von 3 m über dem Niveau des Flusses	18.0	3.5	6.8	42.0	—	22.0	2.6	—	—	1.5	—	0.5	2.6	0.5	—	64
125	На высоте 3.25 м от ур. реки Auf der Höhe von 3.25 m über dem Niveau des Flusses	7.9	4.9	9.2	53.9	—	9.7	3.6	0.6	—	3.6	1.8	—	4.2	0.6	—	82
131	На высоте 3.30 м от ур. реки Auf der Höhe von 3.30 m über dem Niveau des Flusses	4.8	3.7	10.6	54.0	—	13.7	1.6	1.1	—	1.6	1.1	0.5	6.3	0.5	0.5	63
126	На высоте 3.50 м от ур. реки Auf der Höhe von 3.50 m über dem Niveau des Flusses	15.5	1.6	7.0	55.1	0.5	12.8	2.1	—	1.1	1.1	0.5	0.5	1.6	0.5	—	62

Для определения возраста этих слоев необходимо прежде всего учесть, что произведенный нами анализ пыльцы отложений у Томска и у с. Антропова на р. Тавде, ранее отнесенных Янишевскими Введенским, на основании изучения остатков листьев и семян, к третичному времени, обнаружил замечательное сходство с вышеприведенными данными. Так, в миоценовых слоях под Томском из обнажения у Лагерного сада обнаружен следующий состав пыльцы в %:

Pinus типа *silvestris*	5.8	*Pinus* из секции *Strobus*	26.8
Betula	43.6	*Alnus*	1.6
Tilia	2.3	*Ulmus*	1.9
Salix	0.4	*Ilex*	0.8
Pterocarya	14.9	*Quercus*	1.9

Сходный состав был найден для миоценовых отложений по р. Тавде у с. Антропова (12). Если принять далее во внимание, что для томских слоев Янишевский (18) приводит также *Juglans* и *Fagus*, Криштофович (19) для верхнемиоценовых слоев по р. Таре указывает *Juglans* и *Pterocarya*, для тургайских миоценовых слоев Криштофович и Палибин (20) то же делают

Таблица 2—Tabelle 2

№ образца		Высота над уров. реки Höhe über dem Flussniveau	*Pinus sec. silvestris*	*Picea*	*Abies*	*Pinus* sec. *Strobus*	*Larix*	*Tsuga*	*Betula*	*Alnus*	*Corylus*	*Carpinus*	*Quercus*	*Pterocarya*	*Tilia*	*Ulmus*	*Ilex*	*Juglans*	*Fagus*	*Fraxinus*	Число пылинок на 1 препарат Anzahl Pollenkörner pro 1 Präparat
104	Сизая глина у уровня реки Graublauer Lehm am Flussniveau	0	11.0	0.7	—	54.0	—	—	22.1	9.0	—	0.4	—	0.4	1.0	1.0	—	—	0.4	—	211
94	Сизая глина . . . . . Graublauer Lehm	1.5	26.1	1.1	2.7	41 8	—	0.3	12.3	4.3	—	0.3	0.8	8.6	0.8	0.3	—	—	0.3	0.3	93
96	Сизая глина . . . . . Graublauer Lehm	2.0	26.8	1.3	5.2	18.3	—	—	21.6	11.8	0.6	1.3	—	5.9	4.6	2.6	—	—	—	—	51
95	Сизая глина . . . . . Graublauer Lehm	2.5	25.9	3.8	2.2	24.3	—	—	17.6	11.0	—	0.5	—	3.8	1.6	2.7	—	—	6.6	—	30
97	Сизая глина . . . . . Graublauer Lehm	4.5	36.7	1.7	0.7	13.9	—	0.5	29.8	8.4	0.3	0.5	—	4.5	—	2.0	0.3	—	—	0.7	403
98	Сизая глина . . . . . Graublauer Lehm	5.5	19.4	7.0	2.8	30.1	—	0.5	21.2	8.3	—	0.5	—	6.1	1.8	1.7	0.2	—	—	0.4	271
99	Супесь коричневатая . . . . Bräunlicher sandiger Lehm	7.0	19.2	0.3	—	55.8	—	0.3	19.3	2.9	—	—	—	0.8	—	0.8	—	—	0.3	0.3	191
100	Глина гумусир. . . . . Humushaltiger Ton	7.5	10.2	0.3	0.1	52.4	—	—	32.8	2.2	—	0.3	—	0.8	—	0.4	0.1	—	—	0.4	333
101	Суглинок гумусир. . . . . Humushaltiger Lehm	9.0	19.0	—	0.2	62.0	—	—	23.0	1.5	—	0.2	—	1.0	0.2	0.5	—	—	0.4	0.2	270
102	Суглинок гумусир. . . Humushaltiger Lehm	9.5	12.0	0.5	—	79.5	—	—	6.0	—	—	—	—	—	0.5	1.0	—	—	0.5	—	88
103	Лигнит с торфом . . . . . Lignit und Torf	10.0	36.0	—	—	48.8	—	—	14.0	0.2	—	—	—	1.0	—	—	—	—	—	—	51
105	Глина гумусир. . . . . Humushaltiger Ton	14.0	20.0	4.0	0.4	65.0	—	—	8.8	1.2	—	—	—	0.4	—	—	0.2	—	—	—	201
108	Глина гумусир. . . . . Humushaltiger Ton	15.0	21.0	0.2	—	63.8	—	—	8.0	5.0	—	—	—	—	—	0.2	—	—	—	—	233
106	Глина гумусир . . . . . Humushaltiger Ton	16.5	27.5	2.6	0.2	61.2	—	—	5.0	0.9	—	0.4	—	0.7	—	0.4	0.2	0.2	0.2	—	213
110	Песок с древ. ост. . . . . Holzhaltiger Sand	21.7	19.0	1.8	—	33.7	—	—	13.2	29.7	0.4	—	—	0.4	—	—	0 4	—	—	—	137
107	Лигнит с торфом . . . . . Lignit und Torf	22.0	63.2	1.3	—	25.8	0.6	—	1.9	7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20

для *Juglans* и *Fagus*, а пыльца *Tsuga* отмечена в ряде случаев для третичных слоев Кирхгеймером (21), то можно признать и васюганские нижние слои за третичные. Этому нисколько не противоречит нахождение здесь и семян *Brasenia*, которые в третичных слоях, как сказано было выше, попадаются нередко. Правда, *Brasenia* и *Ilex* являются также свойственными и межледниковой флоре [Штоллер, (12) Сукачев, (23), Докгуровский (24, 25), Иессен и Мильтерс (26), Шафер (13), Гамс (27) и др.). *Pterocarya* и *Tsuga* в последнее время Баас (28) и, по любезному сообщению Гамса, Рудольф нашли в отложениях первой межледниковой эпохи, а последняя найдена также и в Польше [Козловска, (29, 30) и Лилпоп (31)] в межледниковых отложениях [см. ценные карты современного и прошлого распространения *Tsuga*, *Pterocarya* и *Ilex*, составленные Гамсом (27)].

Однако весь комплекс флоры в целом более соответствует третичному времени, точно так же, как лигнитизированная древесина по характеру своего состояния вполне сходна с третичной древесиной из Тары и с Тавды. Кроме того необходимо учесть, что хотя упомянутые *Ilex*, *Tsuga*, *Pterocarya* и *Juglans*, будучи хорошо представлены в третичной флоре, появляются снова в межледниковое время в Средней Европе, а отчасти там сохранились и до ныне, все же слишком мало вероятия, чтобы эта флора могла сохраниться до межледникового времени в Восточной Сибири под 60° с. ш. Поэтому я считаю возможным относить образование нижних слоев, описанных выше васюганских обнажений, к третичному времени. Труднее уточнить определение их возраста. Однако, учитывая характер флоры и степень ее сохранности, я склонен считать ее за плиоценовую, сохранившуюся там со времен миоцена.

Однако не все нижние слои по Васюгану надо относить к третичному времени. Так, сходные по внешнему виду толщи в обнажении у д. Шкариной и у дер. Новый Тевриз ниже по Васюгану, должны быть моложе. В них мы находим остатки арктической флоры с *Dryas octopetala*, *Salix polaris*, *Betula nana*, *Empetrum nigrum* и пр.

Таким образом, как по р. Иртышу между Тобольском и Самаровым, так и по р. Васюгану не все нижние слои в обнажениях по образованию синхроничны между собою, будучи в одних случаях третичными, а в других — четвертичными, одновременными с ледниковыми.

Комиссия по изучению четвертичного периода
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
2 XII 1934.

PALÄOBOTANIK

BRASENIA PURPUREA MICHX. IN DEN JUNGTERTIÄREN ABLAGERUNGEN WEST-SIBIRIENS

Von V. SUKAČEV (W. SUKATSCHEW)

korrespondierendem Mitglied der Akademie

Brasenia purpurea Michx ist, wie bekannt, eine für die Pliozän- und Interglazialablagerungen Europas sehr charakteristische Form [Potonié-Gothan (1), Stoller (2), Krischtofowicz (3)], war aber bis jetzt in fossilem Zustande für Sibirien nicht bekannt. Im Sommer 1933 gelang es mir, Überreste derselben und einiger anderen interessanten Pflanzen im Narym-

Gebiet in Ablagerungen, welche daselbst in den unteren Teilen einer Reihe von Uferabhängen am Wassjugan-Fluss an den Tag treten, zu finden. Das Alter dieser Schichten sowie ihnen gleicher Ablagerungen am unteren Lauf des Irtysch werden bis jetzt von verschiedenen Autoren nur mutmasslich und verschieden datiert. Die erwähnten Funde gestatten jedoch die Zeit der Ablagerungen mit bedeutend grösserer Präzision anzugeben.

Diese zuerst von Wyssozki (4) deutlich unterschiedenen Schichten am unteren Lauf des Irtysch und weiter am Ob wurden von ihm zum Neogen oder einer intermediären Ablagerung zwischen dem Neogen und Paläogen gerechnet. Obrutschev (5) schloss sich, bei der Bestimmung ihres Alters Wyssozki an, von Edelstein (6, 7) wurde jedoch die Vermutung ihrer Zugehörigkeit zum Oberoligozän ausgesprochen. Analoge Schichten im Becken des Wassjugan-Flusses und am Ob werden von R. Ilijin (8) in die Zeit der Mindel-Vereisung des Quartärs verlegt. Prawoslawlev (9) wies die weite Verbreitung einer ebensolchen Schicht in der Kulundin-Steppe im Obgebiet nach und verlegt ihre Bildung in die Quartärzeit, während Gromow (10) dieselben am Jugan-Fluss (Nebenfluss des Ob in dessen Mittellauf) feststellt und für eine Ablagerung problematischen Alters hält, sie jedoch als wahrscheinlich dem Tertiär angehörend ansieht. Auf Grund des Studiums der Pflanzenreste ist von mir (11, 12) gezeigt worden, dass an verschiedenen Stellen des Unterlaufs des Irtysch diese Schichten ihrer Bildung nach nicht derselben Zeit angehören. Wenn beim Dorf Nefedowa, etwas nördlich von Tobolsk, diese Schichten präglazial, ehestens pliozän sind, so müssen die ihnen gleichartigen Schichten beim Dorf Demiansk, die eine nordnsische Flora mit Vorkommen arktischer Formen führen, der Vergletscherungszeit zugeschrieben werden. Der in diesen Schichten enthaltene Pollen (Eiche, *Pterocarya*, *Ilex* u. a.) befindet sich hier in den sekundären Ablagerungen, wohin er aus den ausgespülten tertiären Ablagerungen geraten ist.

Die Untersuchungen des Jahres 1933 haben Aufklärung darüber gebracht, dass auch die am Fusse der Uferabhänge an dem Wassjugan blosgelegten Schichten gleichfals nicht an allen Teilen des Flusses derselben Zeit angehören. Am interessantesten erwiesen sich die Uferabhänge 4—5 km oberhalb der Mündung der Katalga, eines Nebenflusses des Wassjugan, im sog. Mogilny Jar. Hier hat der entblösste untere Teil des steilen rechten Uferabhanges des Wassjugan eine Höhe von ung. 12 m und besteht unten aus kompaktem graublauem Ton mit Zwischenschichten aus Sand (3.5 m stark), welcher höher hinauf in bräunlichen sandigen Lehm (90 cm stark) mit senkrecht in ihm stehenden Baumstämmchen übergeht. Darüber lagert stark zusammengedrückter Torf (150—160 cm) mit Holzüberresten, welche im oberen Teil dieser Schicht stark lignitisiert sind. Diese Schichten werden von Ablagerungen weissen und gelblichen Sandes überdeckt (Entblössungen 5—6 m stark), welche Torfklumpen und kristallinisches Geröll enthalten. Die Grenze zwischen dem Sand und der Torfschicht ist scharf ausgeprägt. In eben diesem zusammengepressten Torf wurden die Überreste von *Brasenia purpurea** (22 Samen) gefunden. Die Pollenanalyse dieser Schichten brachte folgende Ergebnisse (in %) (Tabelle 1, S. 178).

* Szafer (13) unterscheidet bei interglazialen *Brasenia* zwei Arten: *B. Schröteri* Szaf. und *B. Nehringii* Web. Unsere Samen von 2.2—3.0 mm Länge und 1.3—2.1 mm Breite nähern sich mehr *B. Schröteri* Szaf. Wie die Mehrzahl der neueren Autoren [Stark, Firbas u. Overbeck (14), H. Koch. (15), Piech (16) u. a.], behalte ich jedoch die allgemeine Benennung, *Brasenia purpurea* Misch., bei, obgleich auf die Kleinkörnigkeit unserer Samen hingewiesen werden muss. Die Oberfläche der Samen ist glatt. Infolgedessen gehören unsere Samen nicht zu *B. tuberculata*.

Ein analoges Spektrum des Pollens wurde ebenfalls in den unteren Schichten zweier anderer geologischer Profile am Wassjugan („Mangaseiny Jar" bei Aipolowo, 2ter Jar unterhalb Aipolowo — „Ongonty-Juch") gefunden. Doch ist hier der Pollen noch mannigfaltiger. In beiden Profilen haben wir Schichten zusammengepressten Torfes und lignitisierten Holzes. Im Mangaseiny Jar liegt eine solche Schicht in der Höhe von 15 m, also ungefähr auf $^1/_3$ der Höhe des Uferabhangs; im Ongonty-Juch Jar befinden sich zwei solche Schichten, von denen die eine in der Höhe von 10 m, die andere von 22 m über dem Wasserspiegel des Flusses liegt.

Die Ergebnisse der Pollenanalyse aus den Ablagerungen des Mangaseiny Jar sind von mir bereits mitgeteilt worden ([17]). Mit denselben übereinstimmende Resultate liefert die Analyse der Schichten des „Ongonty-Juch" Jars (s. Tabelle 2, S. 179).

In allen diesen Ablagerungen finden wir Pollen nicht nur aller örtlichen Baumarten, sondern auch solcher, welche gegenwärtig weit entfernt von West-Sibirien heimisch sind. So wachsen Arten der Gattung *Tsuga* gegenwärtig in Nord-Amerika und Ost-Asien, ausserhalb der UdSSR. *Pterocarya* kommt heute in Transkaukasien und in Ost-Asien vor: *Juglans* in Süd-Europa, Transkaukasien, im südlichen Teil Mittel-Asiens, im Fernen Osten und Nord-Amerika: *Fagus* in West-Europa, der Krim, im Kaukasus, in Ost-Asien und Nord-Amerika. Die Gattung *Ilex* enthält eine Reihe von Arten, die in der Flora Ost-Asiens und Süd-Amerikas vertreten sind. Sie hat jedoch auch in West- und Süd-Europa (und ebenso im Kaukasus) einen Vertreter. Besonders interessant ist der Reichtum an Kieferpollen, offenbar aus der Sektion *Strobus*. Gegenwärtig wachsen zu dieser Sektion gehörende Kiefern auf dem Himalaya, der Balkanhalbinsel, im Osten Asiens und in NordAmerika. Im Gebiet der UdSSR ist diese Sektion vertreten.

Bei der Bestimmung des Alters dieser Schichten muss vor allen Dingen berücksichtigt werden, dass die von uns gemachte Pollenanalyse aus den Ablagerungen bei Tomsk und Antropowo am Tawda-Fluss, welche früher Janischewski und Wwedenski auf Grund des Studiums der Überreste von Blättern und Samen als zur Tertiärzeit gehörig ansahen, eine überraschende Ähnlichkeit mit den angeführten Angaben aufweisen. So wurden in den Miozänschichten bei Tomsk folgendes Spektrum des Pollens festgestellt: *Pinus* cf. *silvestris* 5.8%; *Pinus* aus der Sektion *Strobus* 26.8%; *Betula* 43.6%; *Alnus* 1.6%; *Tilia* 2.3%; *Ulmus* 1.9%; *Salix* 0.4%; *Ilex* 0.8%; *Pterocarya* 14.9%; *Quercus* 1.9%. Ein ähnliches Pollenspektrum wurde für Miozän-Ablagerungen am Tawda-Fluss bei dem Dorf Antropowo ([12]), gefunden. Wenn man berücksichtigt, dass für die Schichten bei Tomsk Janischewski ([18]) ebenfalls *Juglans* und *Fagus* nachweist, Krischtofowicz ([19]) für die Schichten des oberen Miozän am Tara-Fluss *Juglans* und *Pterocarya*, Krischtofowicz und Palibin ([20]) für die Miozän-Schichten von Turgai in Betreff *Juglans* und *Fagus* dasselbe tun und dass *Tsuga*-Pollen in einer Reihe von Fällen für tertiäre Schichten nachgewiesen wird (Kirchheimer) ([21]), so können auch die unteren Schichten von Wassjugan als tertiär anerkannt werden. Dem widerspricht keineswegs der Fund hierselbst von *Brasenia*-Samen, welche, wie schon oben erwähnt, in tertiären Schichten keine Seltenheit sind. Allerdings sind *Brasenia* und *Ilex* auch der intraglazialen Flora eigen [Stoller ([22]), Sukačev, ([23]), Dokturowski ([24, 25]), Jessen und Milthers ([26]), Szafer ([13]), Gams ([27]) u. a.]. *Pterocarya* und *Tsuga* haben unlängst [Baas ([28])], und, nach einer freundlichen Mitteilung von Gams, Rudolph in den Ablagerungen der Interglazialzeit gefunden und *Tsuga* ist auch in Polen [Kozlowska ([29, 30]) und Lilpop ([31])], in diesen Ablagerun-

gen festgestellt worden. [Siehe die wertvolle von Gams (27) zusammengestellte Karte der gegenwärtigen und früheren Verbreitung von *Tsuga*, *Pterocarya*, *Ilex*].

Doch entspricht der ganze Komplex der Flora in ihrer Gesamtheit mehr der Tertiärzeit, wie auch das lignitisierte Holz nach dem Charakter seines Zustandes mit dem tertiären Holz aus Tara und von der Tawda völlig übereinstimmt. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass, obgleich die genannten in der tertiären Flora weit verbreiteten *Ilex*, *Tsuga*, *Pterocarya* und *Juglans*, während der Interglazialzeit in Mitteleuropa aufs neue auftreten und hier zum Teil gegenwärtig fortbestehen, die Wahrscheinlichkeit der Erhaltung dieser Flora in Ost-Sibirien unter dem 60° n. B. bis zur Interglazialzeit nur sehr gering ist. Deshalb halte ich es für möglich, dass die Bildung der unteren Schichten der beschriebenen Ablagerungen an dem Wassjugan der Tetriärzeit angehört. Schwieriger ist es, ihr Alter näher zu präzisieren. In Anbetracht des Charakters der Flora und ihres Erhaltungszustandes bin ich indessen geneigt sie dem Pliozän zuzuschreiben, welches sich dort seit dem Miozän erhalten hat.

Es brauchen jedoch nicht alle unteren Schichten am Wassjugan zur Tertiärzeit gerechnet zu werden. So müssen die ihrem Aussehen nach gleichen Schichten der Uferabhänge bei dem Dorf Schkarina und diejenigen des weiter unterhalb am Wassjugan gelegenen Dorfes Novy Tewris, von jüngerem Alter sein. In ihnen finden wir Überreste der arktischen Flora mit *Dryas octopetala*, *Salix polaris*, *Betula nana*, *Empetrum nigrum* etc.

Somit sind nicht alle unteren Schichten der Uferabhänge sowohl am Irtysch zwischen Tobolsk und Ssamarovo, wie am Wassjugan in ihrer Bildung synchronisch, sondern in einigen Fallen tertiär, in anderen quartär und den glazialen gleichzeitig.

Kommission zur Erforschung des Quartärs,
Akademie der Wissenschaften der UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 2. XII. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

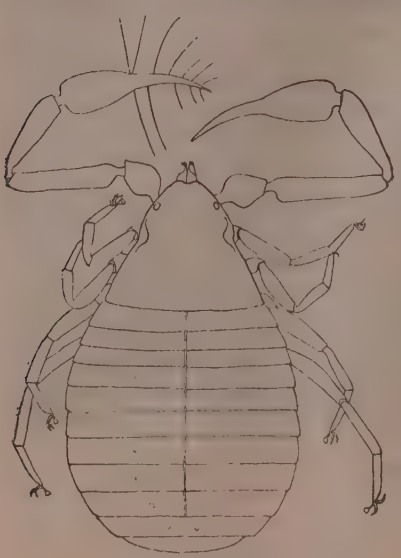
[1] Potonié-Gothan. Lehrbuch der Paläobotanik. 2. Aufl. 1921. [2] J. Stoller. In Potonié-Gothan. Lehrb. d. Paläobot. 2. Aufl., 1921. [3] А. Н. Криштофович. Курс палеоботаники, 2-е изд., 1934. стр. 260. [4] Н. Высоцкий. Геол. иссл. и разв. работы по линии Сиб. ж. д., V, 1-96, стр. 76. [5] В. А. Обручев. Геологический обзор Сибири, 1927, стр. 250. [6] Я. С. Эдельштейн. Изв. Зап.-сиб. отд. РГО, V, 1926. [7] Я. С. Эдельштейн. Тр. Всес. геол. разв. объед. ВСНХ СССР, вып. 132, 1932, стр. 21. [8] Р. Ильин. Мат. изуч. Сибири, II, 1930, стр. 22. [9] П. А. Православлев. Мат. геол. Зап.-сибирск. края, № 6, 1933, стр. 37. [10] В. И. Громов. Тр. Комисс. изуч. четв. пер., III, 2, 1934, стр. 14. [11] В. Н. Сукачев. Сб. „Эксп. Всес. Акад. Наук 1931 г.“. изд. 1932 г. [12] В. Н. Сукачев. Сб. „Эксп. Всес. Акад. Наук, 1932 г.“, изд. 1933. [13] W. Szafer. Festschr. Karl Schröter, 5, 1925. [14] P. Stark, F. Firbas und F. Overbeek. Abh. Naturw. Ver. Bremen, 28. Weber-Festschr, 1932, [15] H. Koch. Senkenbergiana, 13, 1931. [16] K. Piech. Rocznik Polsk. Tow. Geol., VIII/2. 1932. [17] Сукачев. Сб. „Эксп. Акад. Наук 1933 г.“, изд. 1934. [18] М. Яншевский. Тр. Геол. ком., нов. сер., 131, 1915. [19] А. Криштофович. Изв. Геол. ком., XVI, 7, 1928. [20] А. Н. Криштофович и И. В. Палибин. Изв. Акад. Наук, 1915. [21] F. Kirchheimer. Planta, 22, 2, 1934. [22] J. Stoller. Jahrb. d. K. Preuss. Geol. Landesanst., XXIX, 1, 1908. [23] В. Н. Сукачев. Тр. Юрьев. бот. сада, XI, 1910. [24] В. С. Доктуровский. Geol. Fören. Förhandl., 51, 3, 1929. [25] В. С. Доктуровский. Бюлл. Моск. общ. исп. прир., 39, 1931. [26] K. Jessen and V. Milthers. Danm. geolog Undesøgelse. [27] H. Gams. ZS. f. Gletcsherk., XVIII, 4/5, 1930. [28] J. Baas. ZS. f. Botanik, 25, 6/7, 1932. [29] A. Kozlowska. Österr. Bot. ZS., 75, 1926. [30] A. Kozlowska. Acta Soc. Bot. Poloniae, 1, 4, 1923. [31] J. Lilpop. Spraw. Kom. Fisiogr. Polskiej. Akademji Umiej., LXIV, 1929.

В. РЕДИКОРЦЕВ

APOCHEIRIDIUM ROSSICUM SP. N.

(*Представлено академиком С. И. Зерновым 20 XI 1934*)

Род *Apocheiridium* представлен восемью видами, из которых два палеарктических (*ferum* Sim., *rossicum* Redik.), три североамериканских (*ferumoides* Chamb., *mormon* Chamb., *inexpectum* Chamb.) и по одному с юга Африки (*chambertini* Godfrey), Филиппинских о-в (*eruditum* Chamb.) и Индо-Китая (sp. n. Redik.). *A. ferum* описан с юга Франции, затем был обнаружен в Швейцарии, Италии, Сардинии и у нас, на юго-востоке Закавказья; в общем его можно считать средиземноморской формой.



Фиг. 1. — Abb. 1. *Apocheiridium rossicum* sp. n. ♀.

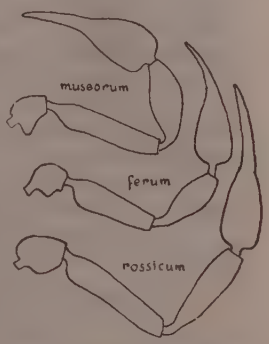
Среди материалов Зоологического института Академии Наук нашлось 8 экземпляров (4 ♂ ♂ и 4 ♀ ♂) нового, здесь описываемого, вида, местонахождения которого следующие: Эстляндия, Меррекюль, 10 VII 1894, проф. Н. А. Холодковский, № 917, ♀. — б. Петербург (Ленинград), XI 1898; в коллекции насекомых, проф. Н. А. Холодковский, № 916, ♀. — Дер. Орлино б. Петерб. губ., 23 VI 1907, Е. Н. Покровская, № 91, ♂. — Быв. Струги Белые (Струги Красные) б. Петерб. губ., 22 VI 1918; в комнате, Г. Г. Якобсон, № 298, ♂. — Карачижско-Крыловское лесничество б. Брянской губ., 27 IX 1925; в гнилом стволе на опушке леса, проф. В. Н. Старк, № 488, ♂. — Нижняя Курья близ г. Перми, 3 II 1921; в планктоне оз. Мочище, проф. Д. Е. Харитонов, № 412, ♀. — Озеро Широ б. Енисейской губ., 25 VII 1897; с утки, № 35, ♀. — Приморская обл., Амурский окр., Толстовка, 19 V 1927; на собаке, В. М. Попов, № 979, ♂.

Этот вид принимался мною за *A. ferum* (Sim.) и под этим именем фигурировал как в определителе, приложенном к заметке о ложноскорпионах Урала (Зап. Урал. общ. люб. ест., XXXIX, 1923—1924, стр. 15, рис. 11), так и в добавлении к этой статье (ibid., стр. 113). И только получив несомненного *A. ferum* из Ленкорани (сбор Д. В. Знойко), я убедился, что имею дело с другим, еще неописанным, видом. Это подтвердил и M. Beier (Вена), которому я посылал абрисы пальп всех трех европейских видов *Cheiridiidae* (копию фиг. 2 настоящей заметки).

Общая форма тела, скульптура покрова и строение щетинок у всех видов рода сходны; строение галеа тоже вполне сходно: у самки она является тройной, у самца шиловидной. Новый вид отличается очень светлой окраской: брюшко и ноги соломенно-желтые, головогруль и пальпы несколько темнее, буроватые. Зернистость покрова более сглаженная и рассеянная по сравнению с *A. ferum*. Пальпы очень стройные

и длинные, превышают длину тела; отдельные членики узкие и длинные, бедро почти параллельно-стороннее, лишь слегка уширено в основной части выше ножки, голень слабо расширена к вершине, края руки слабо выгнуты и плавно переходят в пальцы, которые немного длиннее руки и слегка изогнуты. Два последних тергита брюшка цельные и, также как три первые, лишены парных темных пятен. Все виды рода *Apocheiridium* и вообще родов семейства *Cheiridiidae* отличаются чрезвычайно малыми размерами, не превышающими 2 мм, обычно же колеблющимися между 1 и 1.3 мм; это наиболее мелкие формы среди ложноскорпионов. Новый вид является вторым по величине в роде (крупнее его только *A. ferumoides* Chamb. — 1.6 мм).

Новый вид, таким образом, отличается светлой окраской, длинными и стройными пальпами и крупными размерами: тело 1.36, пальпа 1.5 мм, вертлуг 0.19:0.13, бедро 0.43 : 0.08, голень 0.36 : 0.08, рука 0.25:0.14, пальцы 0.27.



Фиг. 2. Пальпы *Cheiridium museorum* (Leach), *Apocheiridium ferum* (Sim.) и *A. rossicum* sp. n. при одном увеличении.
Abb. 2. Palpen bei gleicher Vergrösserung.

Один экземпляр (Толстовка) был снят с собаки, другой (оз. Широ) с утки; и в том и в другом случае мы, несомненно, имеем дело с явлением форезии, столь распространенном среди ложноскорпионов. На тело птиц они забираются в погоне за пухоедами и мелкими клещиками из сем. *Analgesidae*; на тело млекопитающих их привлекают вши, власоеды и тоже мелкие клещи; известны случаи нахождения ложноскорпионов даже на головах детей, пораженных фтириазисом. Выловленный планктонной сетью в окрестностях Перми, по всем вероятиям, упал или был насильственно сброшен с тела утки или другой водоплавающей птицы. Интересно, что мною получено от К. Н. Давыдова два экземпляра еще неописанного нового вида *Apocheiridium* из Сиамского залива, с пометкой, что оба выловлены при планктонных сборах в открытом море. Я не сомневаюсь, что они точно так же обитали тело водоплавающей птицы. Ложноскорпионы, как хищники, следуют за своим источником питания — клещами, пухоедами и прочими эктопаразитами; паразиты же сосредоточиваются преимущественно на голове и шее хозяина; этот факт известен всем, занимавшимся сбором таковых. Нельзя думать, чтобы они сознательно выбирали именно эти части тела, где птица не может достать их клювом; по всем вероятиям, паразиты распределяются более или менее равномерно по всему телу хозяина, но птица в конце концов в значительной степени освобождается от паразитов, выбирая их клювом с кожи и с перьев; остаются только избранные более выгодное в смысле безопасности место, заселившие голову и прилегающие к ней части тела, менее доступные или вовсе недоступные для обработки клювом; работа же пальцами ног не достигает тех же результатов дезинсекции.

Зоологический институт
Академии Наук СССР.
Ленинград.

Поступило
20 XI 1934.

APOCHEIRIDIUM ROSSICUM SP. N.

Von V. REDIKORZEV

(*Vorgelegt von S. Zernov, Mitglied der Academie, d. 20. XI. 1934*)

ZUSAMMENFASSUNG

Der allgemeine Körperbau ist demjenigen der anderen Arten ähnlich; die Färbung sehr hell: Abdomen und Beine strohgelb, Cephalothorax und Palpen etwas dunkler, bräunlich; Körnelung des Integuments nicht besonders grob und ziemlich zerstreut. Palpen sehr lang, länger als Körper, und schlank; Femur fast parallelseitig, an der Basis oberhalb des Stieles nur wenig erweitert; Tibia distal wenig erweitert, etwas kürzer und ebenso breit wie Femur; Hand verlängert und beiderseits gleichmässig gerundet; Finger länger als Hand und schwach gekrümmt. Galea wie üblich: beim Weibchen dreispitzig, beim Männchen pfriemenförmig. Zwei letzte Tergite des Abdomens ungeteilt; diese und drei erste entbehren der dunklen paarigen Flecke.

Die neue Art zeichnet sich also durch seine grossen Dimensionen und langen, schlanken Palpen aus. Dimensionen: Körper 1.36, Palpe 1.5 mm.

Verbreitung: Estland (Merreküll), Petersburg und Umgegend, Perm, Gouv. Brjansk, Gouv. Jenissej, Küstengebiet.

Zoologisches Institut der Akademie
der Wissenschaften der UdSSR.
Leningrad.

Eingegangen
d. 20 XI. 1934.

П. В. ТЮРИН

МАТЕРИАЛЫ К ПОЗНАНИЮ БИОЛОГИИ ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS* L.) ОЗЕРА ЧАНЫ

(*Представлено академиком С. А. Зерновым 13 X 1934*)

Изучение возраста и темпа роста окуня оз. Чаны (Зап. Сибирь) интересно с двух точек зрения: одна — выяснение основных элементов биологического характера в сопоставлении с хозяйственными задачами, другая — анализ роста двух „рас“ окуня в сопоставлении с физико-топографическими и гидрологическими элементами, которые свойственны оз. Чаны. Оз. Чаны характерно тем, что основные представители его ихтиофауны — плотва и окунь — обладают весьма замедленным ростом. А. И. Березовский (1) объясняет угнетение роста рыбы ее перенаселением вследствие запуска в период войны и недостаточным развитием промысла в последующие годы; П. Л. Пирожников (2, 3) отрицает причины биологического порядка и объясняет это угнетение глубокими изменениями водного режима озера под влиянием понижения уровня воды.

В оз. Чаны имеется окунь мелкий и крупный. Мелкий окунь является рыбой стайной и питается мелкими животными и растениями; крупный окунь по преимуществу хищник, ведет бродячий образ жизни по зарослям тростника, образующего в озере огромные массивы. Анализ возраста и роста мелкого и крупного окуня показывает весьма любопытную картину резкого различия: в то время как мелкий окунь в росте чрезвычайно угнетен и представляет собой типичную карликовую расу с быстрым созреванием половых органов, крупный окунь обнаруживает интенсивный рост и достигает половой зрелости на год позднее.

Возраст определялся по чешуе; в качестве контрольного материала служили кости operculum. При обратных расчислениях длины принят логарифмический метод Г. Н. Монастырского, а веса — Н. В. Тюрина. Длина рыб бралась до конца чешуйного покрова в мм, а вес в г.

Мелкий окунь (468 экземпляров из средней пробы неводного улова в районе с. Таганского, взятой 15 I 1927 г.).

Таблица 1 — Table 1

Возрастная характеристика по данным непосредственных наблюдений
Observed body sizes and weights of perch in age groups

Возраст — Age	2	3	4	2	3	4
	Самцы — Males			Самки — Females		
Количество экземпляров — Number . . . . N	212	58	2	134	61	1
Средняя длина (в мм) — Average length in mm. L	95.5	105.6	126.0	100.2	110.0	129.5
Средний вес (в г) — Average weight in g . . Q	13.4	17.5	27.0	15.0	20.4	30.0

Обратные расчисления по методу логарифмических скал дали следующие результаты:

Таблица 2 — Table 2

Результаты обратных расчислений
Results of calculations of body lengths and weights in previous years of the life of perches

	Длина в мм — Length in mm			Вес в г — Weigth in g.		
	l_1	l_2	l_3	q_1	q_2	q_3
Самцы — Males	66.6	91.7	114.3	4.6	11.7	20.7
Самки — Females	68.6	92.6	116.0	5.1	12.1	22.1

Самки растут несколько быстрее самцов; на это обстоятельство будет обращено внимание в дальнейшем.

Половая зрелость у мелкого окуня в массе наступает: у самцов на третьем, у самок на четвертом году жизни. Анализируемая проба (468 экземпляров) состоит: ♂ 272 (58%) и ♀ 196 (42%); половозрелых самцов 268 (57.3%) и самок 60 (12.8%). Обращает на себя внимание значительное преобладание в стаде половозрелых самцов и незначительный общий процент половозрелых самок. Анализируемая проба характерна отсутствием в ней крупных окуней.

Крупный окунь. Возраст определен у 147 экземпляров. Материал собран из сетных и удильных (крючковых) уловов в районе с. Таганского весной 1925, зимой 1925—1926 и весной 1927 г. Так как материал собран в разное время, анализ данных из непосредственных наблюдений выпускается. Приводим сравнение расчисленных данных (см. табл. 3).

Самцы резко отстают в росте от самок. Анализ интенсивности роста по методу Шмальгаузена (^{4,5}) приводит к выводам: период зрелости

Таблица 3 — Table 3

Результаты обратных расчислений (в мм)
Results of calculations of body lengths and weights in previous years of the life of large perches (in mm)

Пол / Sex — Возраст / Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
♂♂ № 25 L	93	144	185	218	246	265	280	299	323	324
♀♀ № 122 . . . L	97	152	197	230	263	288	315	340	366	396
♂♂ + ♀♀ № 147 L	96	150	195	227	259	282	306	330	353	365
♂♂ + ♀♀ № 147 Q	14.5	66	158	251	377	496	638	808	987	1040

у крупного окуня в массе наступает на 4 году и продолжается до 9 лет после чего резко наступает период старости. Наличие в водоеме старых окуней указывает на недостаточное развитие промысла (сетного и крючного). Икрометание продолжается около 10 дней при температуре воды 11—12° С (во второй половине мая).

Кроме резкого различия в росте мелкого стайного и крупного бродячего окуня, которое вытекает из приведенных материалов, весьма характерно и соотношение полов: крупный окунь ♂♂ 17%, ♀♀ 83%; мелкий ♂♂ 58%, ♀♀ 42%. По признаку половозрелости у крупного окуня соотношение то же самое, а для мелкого различие еще более значительно в сторону преобладания самцов. Каковы причины такого ненормального соотношения полов крупного окуня?

Обращаясь к росту мелкого окуня, видим, что самки растут относительно быстрее самцов. Приведем следующие вариационные ряды для двух-трехлетних окуней по данным непосредственных наблюдений (см. табл. 4).

Таблица 4 — Table 4

Вариационные ряды двух- и трехлетних мелких окуней
Variation ranges of the length of small perches

Длина в мм / Length in mm	80	85	90	100	105	110	115	120	125	130	135	140
2 года / 2 years ♂♂		6	16	79	76	29	5	1				
2 года / 2 years ♀♀	1	5	5	15	47	27	21	7	4	1	1	
3 года / 3 years ♂♂					6	18	27	6	1			
3 года / 3 years ♀♀					3	12	16	19	6	4	—	1

Мы видим значительное смещение рядов самок в сторону увеличения размеров тела. Этому обстоятельству мы придаем исключительное значение, позволяющее наметить причины возникновения крупного окуня и преобладания самок над самцами. Мы полагаем, что некоторая часть окуня, обладающая с первых лет хорошим ростом, очевидно, по достижении уже двухлетнего возраста обособляется и переходит на хищническое питание. Так как наиболее крупные окуни среди двухлеток представлены самками, они переходят на хищническое питание в большем

количестве и тем самым обусловливают среди крупных окуней свое преобладание над самцами. Аналогичную картину мы имеем и в соседнем озере Убинском (6).

Вопрос о существовании в озере обособленной крупной расы окуня с наследственным закреплением признаков интенсивного роста пока не ясен; с большой долей вероятности последнее сомнительно, так как не подтверждается нормальным соотношением полов. Последнее обстоятельство (83% самок; то же в оз. Убинском) заставляет предположить, что крупный окунь не является „расой", а образуется в результате обособления наиболее быстро растущих особей типичного окуня и перехода их на хищническое питание, причем самки в этом отношении имеют преимущество над самцами. Последнее предположение дает право сделать следующие выводы: 1) при аналогичных оз. Чаны физико-топографических и гидрологических условиях во всяких других водоемах возможно ожидать наличие крупного окуня, и 2) среди крупного окуня самки должны преобладать над самцами.

Таким образом, хищнический образ жизни окуня, независимо от ухудшающихся гидрологических условий, обеспечивает ему вполне нормальное развитие и рост. То же самое присуще и щуке (7). Это обстоятельство позволяет притти к выводу, что угнетение роста плотвы и окуня не может полностью обосновываться только ухудшением гидрологического режима, влияющего на рыб непосредственно. Большее значение, несомненно, имеет недостаточное (вынужденное) питание рыбы, во-первых — вследствие изменения качественного состава органической жизни водоема (в связи с ухудшением гидрологического режима и несмотря на общее богатство органической жизни в нем), а во-вторых, вследствие перенаселения его рыбой (запуск в военный период и недостаточный облов в последующие годы. В 1929—1930 гг. вылов рыбы на оз. Чаны дает цифру 11 кг с га; эта цифра безусловно низка).

Отсюда следует сделать вывод, что озеро Чаны нуждается в разрядке рыбного населения, что можно сделать путем интенсификации на нем рыбного промысла.

Восточносибирское отделение
Всесоюзного института озерного
и речного рыбного хозяйства.

Поступило
13 IX 1934.

ZOOLOGY

CONTRIBUTION TO THE BIOLOGY OF THE PERCH (*PERCA FLUVIATILIS* L.) FROM LAKE CHANY, WEST SIBERIA

By P. TIURIN (TYURIN)

(*Communicated by S. Zernov, Member of the Academy, 13. X. 1934*)

SUMMARY

In Lake Chany (West Siberia) there are small and large perches. The small perch lives in shoals and feeds upon small animals and plants. The large perch is for the most part a predatory fish; it leads a migratory life among the reeds, which form huge thickets in the lake. The study of the age and growth of the small and large perch reveals great discrepancies: the small perch grows very slowly (Table 1 and 2, p. 187) and early reaches maturity (when 2 or 3 years old), whereas the large perch grows very rapidly (Table 3) and reaches maturity a year later than the small

perch. The correlation of sexes is also very characteristic: ♂ 17%, ♀ 83% for the large perch, and ♂ 58%, ♀ 42% for the small parch. In the stage of maturity the large perch manifests the same correlation (♂ 17%, ♀ 83%), whereas the small perch shows the following correlation: ♂ 57% and ♀ 12.8%.

In growth the males lag behind the females (Table 1 and 4, pp. 187—188). This fact justifies the assumption to the effect that a certain number of perches, those whose growth was intensive in their early life, segregate and become predatory on reaching 2 years of age. As the largest perches among the two-year olds are females (Table 1 and 4), the latter become predatory in great r numbers, and that is why they predominate over the males in the shoals of large perches. It is fair to assume that the large perch does not belong to a race endowed with hereditary characters of intensive growth; this assumption is also based on the abnormal correlation of sexes. In our opinion, the development of the large perch is due to the fact that the most rapidly growing individuals of the typical perch segregate and become predatory; besides, the females are more numerous than the males.

It is characteristic of Lake Chany that the chief representatives of its ichthyo-fauna, the roach and the perch, have a very slow growth-rate. A. Berezovskij (1) explains the slow growth-rate of the fish by the over-popul tion of the lake — a result of neglect during the war and insufficient catch in the following years. Pirožnikov (1, 2) rejects these biological causes and explains the stunted growth by profound changes in the water régime due to the lowering of the w ter level. From the study of the growth of the small and large perch it follows that the predatory life of these fishes guarantees their perfectly normal development and growth apart from the deterioration of the hydrological conditions of the lake. The same is true of the pike.

This fact leads to the conclusion that the stunted growth of the roach and the perch cannot be fully accounted for by mere deterioration of the hydrological régime. No doubt the insufficient feeding ot the fish inhabiting the lake is of great importance, firstly, in consequence of the changes in quality ot the organic life of the l ke (in connexion with the deterioration of the hydrological régime in spite of the general abundance of organic life in it) and, secondly, in consequence of its overpopulation by fish (neglect during the war and insufficient catch in the subsequent years).

East Siberia Branch of the All-Union Institute
of Lake and River Fisheries.

Received
13. IX 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] А. И. Березовский. Рыбное хозяйство на Барабинских озерах и пути его развития. Сиб. ихт. лаб., сер. А., 1927, Красноярск A. Berezovskij. Baraba Lakes and the Ways of their Development. Rep. Siberian Ichth. Labor., Series A, 1927, Krasnoyarsk (in Russian). [2] П. Пирожников. Бюлл. рыбн. хоз., № 9, 1928, Москва. P. Pirožnikov. Bull. of Fisheries, No 9, 1928, Moscow (in Russian). [3] П. Пирожников. Тр. Сиб. рыбохоз. станции, Т. IV в. 2, Красноярск, 1929. P. Pirožnikov. Rep. Siber. Fisheries Station, vol. IV, No 2, 1929, Krasnoyarsk (in Russian). [4] И. И. Шмальгаузен. Природа, № 9, 1928, Ленинград. Schmalhausen. Nature, 1928, № 9, Leningrad (in Russian). [5] А. И. Рабинерсон. Изв. Отд. прикл. ихт., т. IX, в. 1, 1929, Ленинград. A. Rabinerson. Bull. Bureau of Applied Ichth., IX, No 1, 1929, Leningrad. [6] А. К. Свидерская. Тр. Сиб. рыбохоз. станции, т. V, в. 1, 1930, Красноярск. A. Sviderskaja. Rep. Siber. Fisheries Station, vol. V, No 1, 1930, Krasnoyarsk. [7] А. Я. Башмакова. Там же. A. Bašmakova. Ibidem.